

made available under NASA sponsorship
in the interest of early and wide dis-
semination of Earth Resources Survey
Program information and without liability
for any use made thereof."

E82-10072

CR-165094

(E82-10072) LAND USE IN THE PARAIBA VALLEY
THROUGH REMOTELY SENSED DATA (Instituto de
Pesquisas Espaciais, Sao Jose) 95 p
HC A05/MF A01

CSSL 08B

N82-20595

Unclas

G3/43 00072

RECEIVED BY
NASA STI FACILITY
DATE: JUL 27 1981
DCRF NO. 0102949
PROCESSED BY
☒ NASA STI FACILITY
☐ ESA-SDS ☐ AIAA



SECRETARIA DE PLANEJAMENTO DA PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA
CONSELHO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO CIENTÍFICO E TECNOLÓGICO

INSTITUTO DE PESQUISAS ESPACIAIS

1. Classificação INPE-COM.4/RPE C.D.U.: 528.711.73:531.47:711.4 (816.12)		2. Período	4. Distribuição
3. Palavras Chaves (selecionadas pelo autor) INTERPRETAÇÃO AUTOMÁTICA DE DADOS LANDSAT INTERPRETAÇÃO VISUAL DE IMAGENS LANDSAT USO DA TERRA		interna <input type="checkbox"/> externa <input checked="" type="checkbox"/>	
5. Relatório nº INPE-1972-RPE/278	6. Data Dezembro, 1980	7. Revisado por Sergio dos A.F. Pinto	
8. Título e Sub-Título USO DA TERRA NO VALE DO PARAÍBA ATRAVÉS DE DADOS DE SENSORIAMENTO REMOTO - RELATÓRIO FINAL		9. Autorizado por Nelson de Jesus Parada Diretor	
10. Setor DSR/DDP	Código 50.241.000	11. Nº de cópias 12	
12. Autoria Magda Adelaide Lombardo Evelyn Márcia Leão de Moraes Novo Madalena Niero Celina Foresti		14. Nº de páginas 92	
13. Assinatura Responsável <i>Magda Adelaide Lombardo</i>		15. Preço	
16. Sumário/Notas O objetivo deste trabalho foi estabelecer metodologia para o levantamento do uso da terra através de dados do sistema LANDSAT e determinar suas taxas de modificação. Foi utilizado como área teste o setor Pau lista do Vale do Paraíba. Na realização deste trabalho foram utilizadas técnicas de interpretação visual e automática de dados. A análise visual de imagens LANDSAT permitiu verificar que, em geral, as classes de uso da terra apresentam pouca correspondência com as diferentes classes espectrais. Foram levantadas classes amplas de uso da terra: área urbana, área industrial, solo exposto, área cultivada, pastagem, reflorestamento e mata. A análise automática foi feita utilizando-se a opção de classificação Máxima Verossimilhança. A média dos erros de omissão e inclusão obtida para as sete classes analisadas foi respectivamente de 39% e 3,4%. Os resultados das classificações realizadas foram influenciadas pela complexidade das classes de uso da terra existentes no Vale do Paraíba, grande variedade espectral dos alvos analisados e baixa resolução do satélite LANDSAT.			
17. Observações			

INDICE

ABSTRACT	iv
LISTA DE FIGURAS	v
LISTA DE TABELAS	vii
CAPÍTULO I - INTRODUÇÃO	1
CAPÍTULO II - MATERIAIS E MÉTODOS	5
2.1 - Caracterização da área de estudo.....	5
2.2 - Materiais	8
2.3 - Método	12
2.3.1 - Interpretação visual de imagens LANDSAT	12
2.3.2 - Interpretação automática de dados LANDSAT utilizando-se o sistema I-100	17
CAPÍTULO III - RESULTADOS E DISCUSSÕES	25
3.1 - Interpretação visual de dados	25
3.1.1 - Mapa de uso da terra na escala 1:500.000, para o ano de 1973	25
3.1.2 - Mapa de uso da terra na escala 1:500.000 para o ano de 1977 (escala original 1:250.000)	27
3.2 - Interpretação automática de dados	67
CAPÍTULO IV - CONCLUSÕES.....	79
BIBLIOGRAFIA	81
APÊNDICE A - QUESTIONÁRIO DE CAMPO	

Original photography may be purchased from:
EROS Data Center
Sioux Falls, SD. 57198

PRECEDING PAGE BLANK NOT FILMED

ABSTRACT

The objective of this study is to develop a methodology for land-use survey and to determine the land use modification rates using data of Landsat system. The Paraíba Valley (state of São Paulo) was selected as test site. Both visual and automatic interpretation methods were employed to analyze seven land-use classes. They are: urban area, industrial area, bare soil, cultivated area, pastureland, reforestation and natural vegetation. By means of visual interpretation it is observed little spectral differences among those classes. The automatic classification of LANDSAT MSS data using maximum likelihood algorithm shows a 39% average error of emission and 11,4% error of comission for the seven classes. The classification results were under the influences of the complexity of land uses in the study area, the large spectral variations of analysed classes and the low resolution of Landsat data.

LISTA DE FIGURAS

II.1	- Localização da área de estudo	6
II.2	- Área teste com controle fotográfico	14
II.3	- Área teste Taubaté	16
II.4	- Divisão da área de estudo na tela do sistema I-100	18
II.5	- Localização da área de estudo na tela do sistema I-100 (módulo 1)	20
II.6	- Localização da área de estudo na tela do sistema I-100 (módulo 4)	21
III.1	- Mapa de uso da terra no Vale do Paraíba (1973)	26
III.2	- Classes homogêneas de níveis de cinza, no canal 5	28
III.3	- Classes homogêneas de níveis de cinza, no canal 7	29
III.4	- Frequência de ocorrência das classes de uso da terra (sem probabilidade da classe)	35
III.5	- Frequência de ocorrência das classes de uso da terra (com probabilidade da classe)	36
III.6	- Mapa de uso da terra da área teste Taubaté (1977)	41
III.7	- Esboço das unidades de relevo do Vale do Paraíba	43
III.8	- Mapa de uso da terra no Vale do Paraíba	52
III.9	- Exemplo de sistemas de plantio no Vale do Paraíba -..... plantio de muda	55
III.10	- Exemplo de sistemas de plantio no Vale do Paraíba - plantio com semente	56
III.11	- Parcelas de áreas cultivadas no Vale do Paraíba	57
III.12	- Localização das culturas nas encostas e vales	58
III.13	- Exemplo de pastagem invadida pelo capim "barba-de- -bode"	60
III.14	- Pastagem cultivada na região das colinas	60
III.15	- Exemplo de pastagem cultivada na região das colinas	61
III.16	- Pastagem degradada	62
III.17	- Pastagem com invasores	62
III.18	- Efeito da topografia na discriminação entre	64
III.19	- Classes de uso da terra no vale do Paraíba, obtidas através da utilização do algoritmo "Máxima Verossimi milhança"(módulo 1)	68

III.20 - Classes de uso da terra no Vale do Paraíba, obtidas	
através da utilização do algoritmo "Máxima Verossimi ...	
milhança" (módulo 4)	68

LISTA DE TABELAS

II.1	- Relação de fitas e imagens utilizadas na pesquisa	9
II.2	- Relação das cartas topográficas utilizadas na pesquisa (escala 1:50.000)	10
II.3	- Ficha de campo	11
II.4	- Distribuição de amostras (módulo 1)	22
II.5	- Distribuição de amostras (módulo 4)	23
III.1	- Matriz de frequência de ocorrência das classes de uso da terra (1977) em relação à tonalidade de cinza para os canais 5 e 7	31
III.2	- Matriz de frequência de ocorrência das classes de uso da terra (1978) em relação à tonalidade de cinza para os canais 5 e 7	32
III.3	- Frequência composta de ocorrência de classes de uso da terra (1977)	34
III.4	- Erros de omissão e inclusão na classificação visual (sem probabilidade da classe)	38
III.5	- Erros de omissão e inclusão na classificação visual dos dados (com probabilidade da classe)	39
III.6	- Distribuição das propriedades por tamanho	44
III.7	- Concentração das terras por classes de tamanho	44
III.8	- Área ocupada pelas diferentes classes de uso da terra obtidas pela interpretação visual de imagens LANDSAT	47
III.9	- Orientação da atividade agrícola	47
III.10	- Comparação da porcentagem de usos da terra obtidos em imagem LANDSAT e fotografias aéreas	49
III.11	- Mudança de uso da terra no período de 1973-77 na área teste Taubaté	65
III.12	- Distribuição de "pixels" na classificação automática (módulo 1)	70
III.13	- Respostas espectrais das classes de uso da terra, utilizando-se combinações de quatro canais (módulo 1)	71
III.14	- Erros de omissão e inclusão de classes de uso da terra (módulo 1)	72
III.15	- Distribuição de "pixels" na classificação automática (módulo 4)	73
III.16	- Respostas espectrais das classes de uso da terra, utilizando-se combinação de quatro canais (módulo 4)	74
III.17	- Erros de omissão e inclusão de classes de uso da terra (módulo 4)	75

III.18 - Percentual de área ocupada por classe de uso da terra, através de dados obtidos por aeronave e pelo LANDSAT-setembro 1977	76
III.19 - Resultados comparativos de área das classes de uso da terra, através de dados obtidos por aeronave e pelo LANDSAT-setembro 1977 (módulo 1)	77
III.20 - Resultados comparativos de área das classes de uso da terra, através de dados obtidos por aeronave e pelo LANDSAT-setembro 1977 (módulo 4)	78

CAPÍTULO I

INTRODUÇÃO

Este relatório apresenta os resultados finais do projeto UTVAP (Uso da Terra no trecho paulista do Vale do Paraíba), bem como uma avaliação da metodologia utilizada e sugestões para novas pesquisas, visando a aplicação de técnicas de sensoriamento remoto no levantamento e análise do uso da terra.

O conhecimento dos padrões de uso da terra numa dada região é importante, porque permite uma avaliação dos recursos disponíveis num dado momento. Devido ao desenvolvimento científico-tecnológico, o homem tem imprimido um grande dinamismo nos padrões de utilização da terra, sendo necessário, portanto, a utilização de sistemas de levantamento de dados sobre a ocupação da superfície terrestre, que proporcionem uma atualização constante das informações.

As técnicas convencionais de levantamento de uso da terra se caracterizam pelo alto custo e pela dificuldade de se obter dados em um certo período, o que constitui uma limitação para sua aplicação por parte dos órgãos governamentais. De fato, mesmo em países desenvolvidos, os registros de uso da terra têm recebido pouca atenção, não existindo dados que permitam uma avaliação global dos padrões de uso da terra e de suas atuais tendências (Pereira, 1974).

No Brasil, os registros de uso da terra se limitam a pequenas áreas, levantadas para propósitos especiais, e, em geral, não apresentam critérios uniformes de classificação dos usos, o que torna difícil avaliações temporais.

Com o lançamento pela NASA dos satélites da série LANDSAT, para levantamento de recursos naturais, surgiram novas possibilidades de levantamentos periódicos de uso da terra a baixo custo.

Desta forma, em 1976, o Instituto de Pesquisas Espaciais através do seu Departamento de Sensoriamento Remoto, criou o PROGRAMA USO DA TERRA, com o objetivo de desenvolver metodologia de aplicação de técnicas de sensoriamento remoto para levantamento de uso da terra e estudo de seu impacto sobre o meio ambiente.

Como parte do programa USOTE (Uso da Terra) foi desenvolvido o projeto UTVAP (Uso da Terra no Vale do Paraíba), que teve como objetivo geral estabelecer metodologia para o levantamento de uso da terra, através de dados do sistema LANDSAT.

Os objetivos específicos do projeto UTVAP eram:

- Estabelecer legenda para levantamento do uso da terra, compatilvel com as escalas das imagens do satélite LANDSAT.
- Estabelecer comparações entre as classes de uso da terra, obtidas através de fotografias aéreas convencionais e aquelas obtidas através da análise visual de imagens LANDSAT.
- Estabelecer comparações entre as classes de uso da terra, obtidas através de fotografias aéreas, no infravermelho (IR), coloridas e aquelas obtidas através da análise visual de imagens LANDSAT.
- Estabelecer classes de uso da terra, espectralmente homogêneas, que permitam a classificação automática do uso da terra, através do analisador multiespectral I.100.
- Confeccionar mapas de uso da terra do Vale do Paraíba; em duas épocas, utilizando dados obtidos através de interpretação visual e automática de imagens LANDSAT.
- Determinar taxas de modificações nos usos da terra no Vale do Paraíba.

Os objetivos acima relacionados foram atingidos em parte. Os resultados parciais do projeto UTVAP apresentam uma análise comparativa

tiva entre fotografias aéreas convencionais e imagens LANDSAT para fins de levantamento do uso da terra (Novo, 1978) e uma análise das classes funcionais de uso da terra, espectralmente homogêneas, obtidas através de técnicas de interpretação automática disponíveis no sistema I-100 (Niero e Lombardo, 1979).

Dentre os objetivos não alcançados encontram-se aqueles que não puderam ser realizados por motivos de ordem técnica. Não foi possível estabelecer comparação entre as classes levantadas na imagem LANDSAT e as obtidas em fotografia aérea IR, colorida, devido à não realização da cobertura aerofotográfica programada.

CAPÍTULO II

MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 - CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDOS

Para o desenvolvimento deste trabalho de pesquisa foi selecionado o setor paulista do Vale do Paraíba (Figura II.1), pois este constitui numa área em que estão ocorrendo modificações rápidas nos padrões de uso da terra.

Com o processo de industrialização, o Vale do Paraíba passou a ser ocupado, na década de 70, por novas indústrias, em virtude de uma política de descentralização da Grande São Paulo.

O processo de industrialização no Vale do Paraíba, entretanto, concentrou-se no eixo da rodovia Presidente Dutra, principalmente entre São José dos Campos e Taubaté. Este processo levou a um rápido surto de urbanização com a expansão das áreas edificadas em terrenos antes destinados às atividades agrícolas. A indústria também gerou um novo mercado de trabalho, absorvendo a mão-de-obra rural, levando a uma diminuição da intensidade da atividade agrícola.

Estes fatos têm determinado um grande dinamismo nos padrões de ocupação da terra no Vale do Paraíba. As indústrias que antes se limitavam às áreas de colinas terciárias ao longo da Rodovia Presidente Dutra passaram a ocupar a várzea do Rio Paraíba, diminuindo, assim, as áreas disponíveis para a atividade agrícola.

O Vale do Paraíba encontra-se localizado entre a Serra do Mar e a Serra da Mantiqueira, constituindo-se num vale tectônico segundo De Martonne, Ruellan e Freitas, (apud Titarelli, 1975). Este vale é drenado pelo Rio Paraíba do Sul, cujas nascentes estão no Planalto da Bocaina (Serra do Mar). No seu trecho Paulista, o Vale do Paraíba pode ser dividido em duas regiões distintas: o alto Vale do Paraíba e o médio Vale do Paraíba.

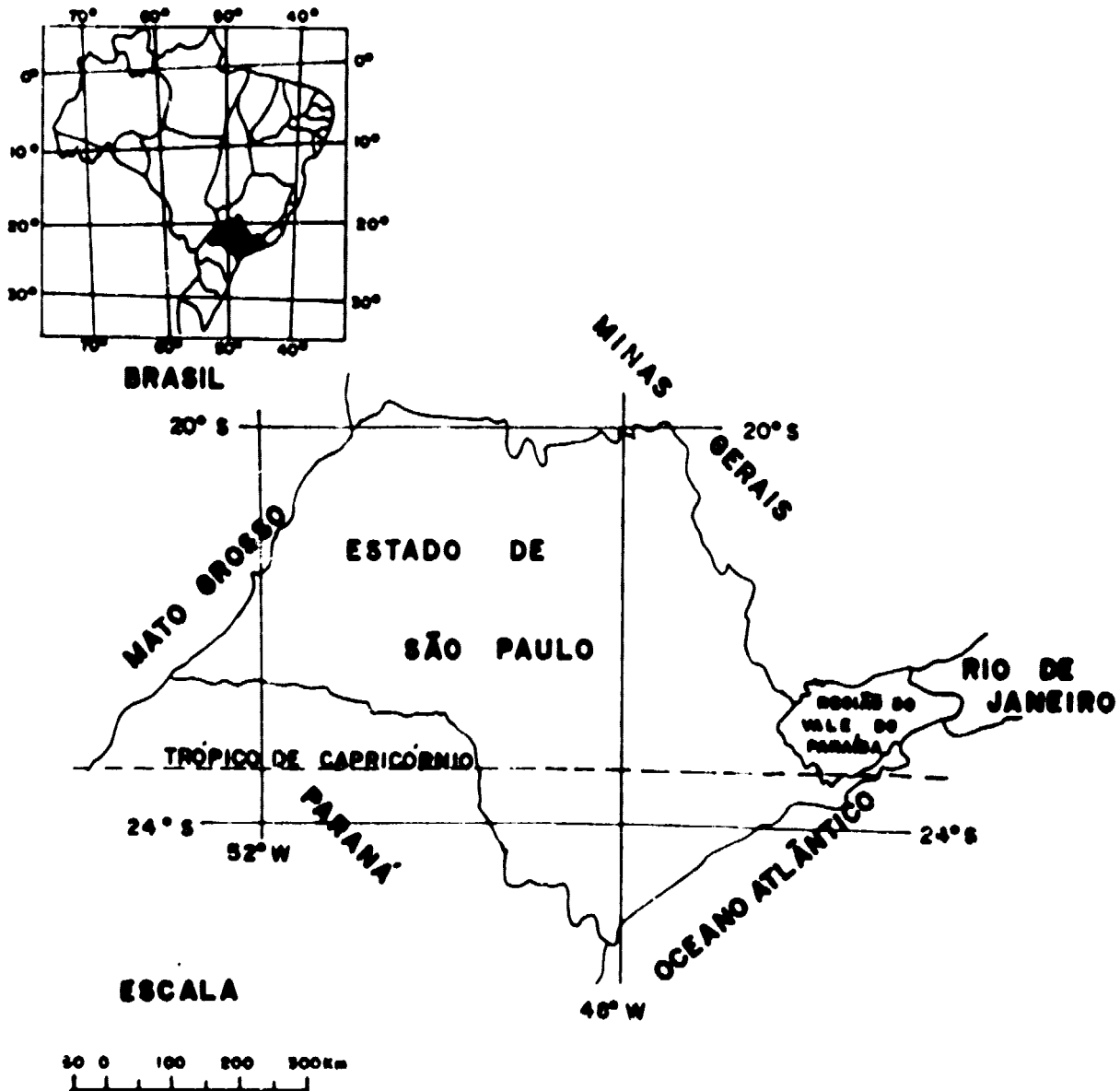


Fig. II.1 - Localização da área de estudo.

Fonte: Atlas Geográfico Escolar, IBGE, 1967.

No alto Vale do Paraíba, o relevo se caracteriza por suas declividades altas, vales profundos e encaixados. Esta unidade se prolonga até a região conhecida por Cotovelo de Guararema, a partir da qual tem início o médio vale.

No médio vale, embutida entre a serra do Quebra-Cangalha e o Planalto de Campos do Jordão, encontra-se a bacia sedimentar de Taubatê, que se caracteriza por topografia suavizada, com declividades mais fracas e vales mais largos. Em torno dessa faixa sedimentar estão dispostos relevos cristalinos, acima dos quais se desenvolvem alinhamentos mais expressivos, com a serra do Quebra-Cangalha que separa os vales médios e superior do Paraíba (Moreira e Camelier, 1977).

O rio Paraíba que no seu alto curso apresenta um escoamento rápido da água, em virtude do alto gradiente de seu perfil longitudinal, ao penetrar na bacia sedimentar de Taubaté, passa a escoar mais lentamente, desenvolvendo um padrão meândrico. Neste trecho, o rio Paraíba formou uma ampla várzea, por onde divaga.

Segundo Titarelli (1975), num estudo feito sobre o ritmo climático na região do Vale do Paraíba, o clima do Vale do Paraíba caracteriza-se por temperaturas mais altas e pluviosidades mais baixas que as registradas nas terras altas vizinhas oscilando entre 1.100 e 1.400 mm. Esta é explicada pelo domínio exercido pela onda de leste que sofre um dissecamento, perdendo parte de sua umidade na serra do Mar. As temperaturas médias de inverno no Vale do Paraíba situam-se em torno de 17⁰C e as temperaturas médias de verão em tornq de 24,5⁰C. As ondas de frio alcançam o vale com muito menor frequência em comparação com a Bacia de São Paulo, que sofre resfriamentos provocados pelas invasões da massa de ar polar (Monteiro, apud Coltrinari, 1975).

Os solos da região variam em função da posição que ocupam dentro do arcabouço topográfico e resultam da interação do clima com a geologia da área. Os solos da região cristalina são empobrecidos pela ação do escoamento superficial resultante da retirada da mata. Em geral

os solos que ocorrem sobre micaxistos tendem a ser mais pobres que os encontrados sobre gnaisses. São, em geral, solos ácidos e quimicamente pobres.

Na região do Terciário em que o relevo é menos acidentado, os solos são mais profundos, mas também caracterizam-se pela baixa fertilidade.

Na várzea, em função da dinâmica do escoamento fluvial, existe uma variedade muito grande de solos tais como orgânicos, argilosos e arenosos.

Segundo observações de Saint-Hilaire (1974), o Vale do Paraíba era todo recoberto de mata na época em que foi visitado por aquele naturalista (1822). Em sua descrição sobre a região, salienta que ao descer a serra da Mantiqueira pôde observar o Vale do Paraíba recoberto de mata bastante homogênea. Percorrendo a região de Lorena, Cachoeira Paulista, Guaratinguetã verificou a presença da mata com solo geralmente rico e áreas ocupadas por cana-de-açúcar e café.

A vegetação natural do Vale do Paraíba, segundo Alonso (1977), se caracteriza pelos remanescentes da Floresta Subcaducifólia Tropical, descrita por Saint-Hilaire, por alguns enclaves de cerrado, na região de São José dos Campos, e áreas de campos.

2.2 - MATERIAIS

Na realização da pesquisa foram utilizadas imagens e fitas CCT, obtidas pelo sistema LANDSAT, descrito em National Aeronautics and Space Administration (1976).

Foram utilizadas imagens e fitas referentes à órbita 150, ponto 28 e relacionadas na Tabela II.1.

TABELA II.1

RELAÇÃO DE FITAS E IMAGENS UTILIZADAS NA PESQUISA

PRODUTO	DATA	ESCALA	COORDENADA DE CENTRO
FITAS CCT	11/07/1973	-	23 ⁰ 1'S; 45 ⁰ 22'W
	09/09/1977	-	23 ⁰ 08'S; 45 ⁰ 10'W
IMAGENS MSS	11/07/1973	1:500.000	23 ⁰ 01'S; 45 ⁰ 22'W
	09/09/1977	1:250.000	23 ⁰ 08'S; 45 ⁰ 10'W
	31/01/1978	1:250.000	23 ⁰ 03'S; 45 ⁰ 18'W

Foram utilizadas, também, fotografias aéreas, na escala 1:25.000, do levantamento realizado em 1973 para o Instituto Brasileiro do Café sobre o Estado de São Paulo.

Como material de apoio à interpretação, foram utilizadas cartas topográficas na escala 1:50.000 (Tabela II.2) e o Levantamento do Uso do Solo no Vale do Paraíba por Aerofoto-Interpretação (CETESB, 1978).

Para a análise automática de dados, utilizou-se o Analisador Interativo de Imagens Multiespectrais I-100, cujas características encontram-se descritas em General Electric Company (1975).

Os dados obtidos através da interpretação foram levados ao campo para verificação, onde foram preenchidas fichas de observação de campo (Tabela II.3) e questionários (Apêndice A), bem como foi fotografado cada uso da terra que caracteriza a região de estudo.

TABELA II.2

RELAÇÃO DAS CARTAS TOPOGRÁFICAS UTILIZADAS NA PESQUISA (ESCALA 1:50.000)

NOME	REFERÊNCIA
São José dos Campos	SF - 23 - Y - D - II - 1
Taubaté	SF - 23 - Y - D - II - 2
Tremembé	SF - 23 - Y - B - V - 4
Pindamonhangaba	SF - 23 - Y - B - VI - 3
Guaratinguetã	SF - 23 - Y - B - VI - 4
Lorena	SF - 23 - Y - B - VI - 2
Cruzeiro	SF - 23 - Z - A - IV - 1
Lagoinha	SF - 23 - Y - D - III - 2
Cunha	SF - 23 - Z - C - I - 1
Campos do Jordão	SF - 23 - Y - B - V - 2
São Luiz do Paraitinga	SF - 23 - Y - B - III - 1
Jacareí	SF - 23 - Y - D - II - 3
Natividade da Serra	SF - 23 - Y - D - III - 3
Ubatuba	SF - 23 - Y - D - III - 4

TABELA II.3

FICHA DE CAMPO

Pontos de obser <u>va</u> ção.	Combinação de n <u>í</u> veis de cinza na imagem LANDSAT.	Uso da terra na imagem LANDSAT.	Uso da terra nas fotografias aéreas 1:25.000.	Uso da terra ob <u>servado</u> no campo.	N <u>o</u> da fotogra <u>fia</u> obtida no campo.

2.3 - MÉTODO

Na realização deste trabalho foram utilizadas técnicas de interpretação visual e automática de dados.

2.3.1 - INTERPRETAÇÃO VISUAL DE IMAGENS LANDSAT

a) Confecção de mapa de uso da terra para 1973 na escala 1:500.000.

A primeira atividade realizada no Projeto UTVAP foi a confecção de um mapa de uso da terra, na escala 1:500.000, para que se pudesse verificar que classes poderiam ser mapeadas pela simples análise visual e levantar problemas classificatórios.

A confecção deste mapa foi realizada utilizando-se principalmente imagem LANDSAT no canal 5, completada com informações obtidas no canal 7 e bibliografia.

Este mapa foi obtido através de imagens referentes ao ano de 1973, porque o objetivo inicial do projeto era fazer uma avaliação das modificações nos padrões de uso da terra no Vale do Paraíba. Entretanto, a grande defasagem entre a data de tomada da imagem (julho de 1973) e a época de interpretação dos dados (julho de 1977) dificultou a correção do mapa no campo devido ao grande dinamismo do uso da terra desta região.

Foram utilizadas fotografias aéreas na escala 1:25.000, para uma área teste, a fim de estabelecer-se a precisão de classificação e padrões de interpretação (Novo, 1978).

b) Mapa de uso da terra na escala 1:500.000 para o ano de 1977.

A interpretação visual de imagem LANDSAT foi realizada em três etapas. Na 1ª selecionou-se uma área de cerca de 780 km², com con

trole fotográfico (Figura II.2) localizada no Vale do Paraíba e caracterizada pela presença de diversos tipos de uso da terra. Para esta área se dispunha de um mapa de controle, na escala 1:50.000, confeccionado a partir de fotografias aéreas na escala 1:45.000, referentes ao ano de 1977 (Cetesb, 1978). Esta área foi mapeada originalmente a partir da imagem LANDSAT de setembro de 1977 (período seco), na escala 1:250.000, segundo metodologia proposta por Novo (1978), obtendo-se diferentes classes homogêneas quanto aos níveis de cinza dos canais 5 e 7.

Com o objetivo de estudar o comportamento espectral das diferentes classes de uso da terra, foi utilizado um sistema de grade que definia uma área de 1 km² no terreno. Coletaram-se amostras no mapa obtido com imagens LANDSAT para posterior comparação com as classes de uso da terra, existentes no mapa obtido na escala 1:50.000 (Cetesb, 1979).

As classes analisadas foram definidas, a priori, através da simplificação e análise das classes propostas por Novo (1978). A análise dos resultados do sistema de classificação proposto por Novo (1978) mostrou-se inadequado pois determinava uma alta porcentagem de erro na classificação. Assim, as classes originais foram reagrupadas em classes mais compatíveis com a resolução do sistema LANDSAT.

Para cada classe mapeada, na escala de 1:50.000, foram coletadas amostras segundo os critérios abaixo:

- sorteio com reposição de 20% do número total de quadrículas referentes a cada classe de uso da terra;
- seleção de amostras, considerando o uso da quadrícula como sendo aquele que ocupava 50% ou mais de sua área, no caso da amostra sorteada apresentar usos diversificados. Como a classe mata apresentava grande descontinuidade e pequena expressão em área, este critério não foi aplicado para esta classe;
- eliminação das quadrículas que apresentavam grande diversidade sendo que nenhum atingiu 50% de sua área;
- utilização de todas as quadrículas para as classes de pequena expressão espacial para garantir sua representatividade na amostra total.

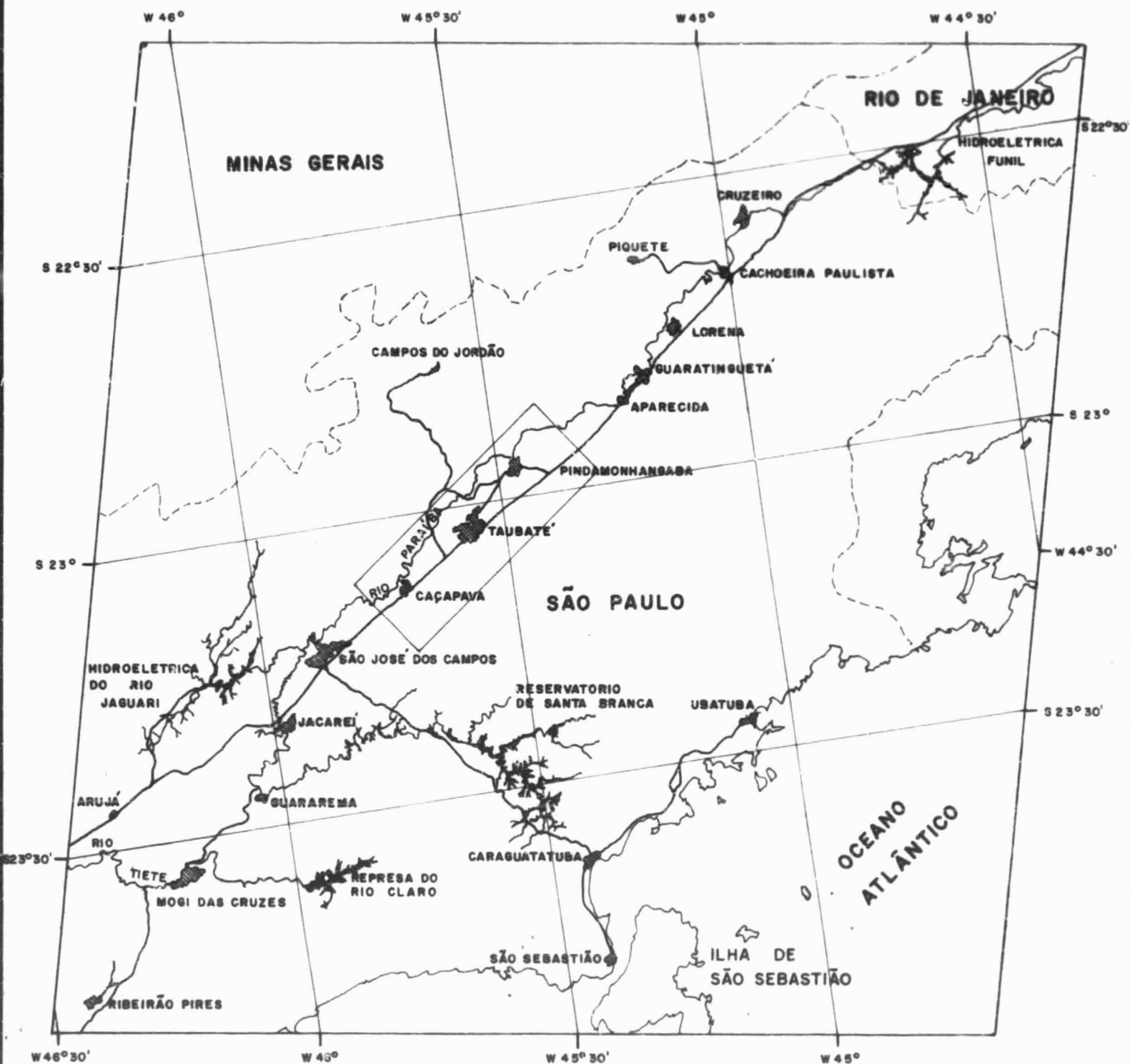


FIG. II.2 - ÁREA TESTE COM CONTROLE FOTOGRÁFICO

ESCALA: 1:1.000.000

10 0 10 20 30 Km

ORIGINAL PAGE IS
OF POOR QUALITY

LEGENDA



CIDADES



RODOVIAS



DIVISÃO POLÍTICO-ADMINISTRATIVA



ÁREA DE TESTE

Para cada amostra sorteada verificou-se a classe de superposição correspondente (Novo, 1978) para analisar o seu comportamento espectral nos canais 5 e 7.

Construiu-se uma matriz onde cada célula representava uma classe de superposição. Nas linhas estavam distribuídos os níveis de cinza do canal 7 que variavam de 0 a 6 e, nas colunas, os valores de cinza do canal 5, variando de 0 a 6.

Em cada célula, definida pelas linhas e colunas, foi computado o número de vezes em que ocorria uma dada classe de uso da terra.

Calculou-se também, a frequência de ocorrência da classe em cada célula, através da razão entre o número de amostras da classe, na célula i/j , e o número total de amostras da classe.

Com o auxílio do mapa, na escala 1:50.000 (Cetesb, 1979) foi estimada a frequência relativa de ocorrência de cada classe de uso da terra na área de estudo e construídas tabelas contendo a frequência de ocorrência da classe na célula i/j multiplicada pela frequência da classe, na área de estudo. Este valor resultante representaria a probabilidade de ocorrência de uma classe numa dada região do espaço espectral, definido pelos canais 5 e 7.

Com base na análise destes gráficos foram definidas classes de uso da terra correspondentes às classes de superposição mapeadas através das imagens LANDSAT.

O mapa resultante foi levado ao campo para a correção final.

Na segunda etapa, as classes de uso da terra analisadas foram estendidas para uma área maior, denominada área teste Taubaté (Figura II.3).

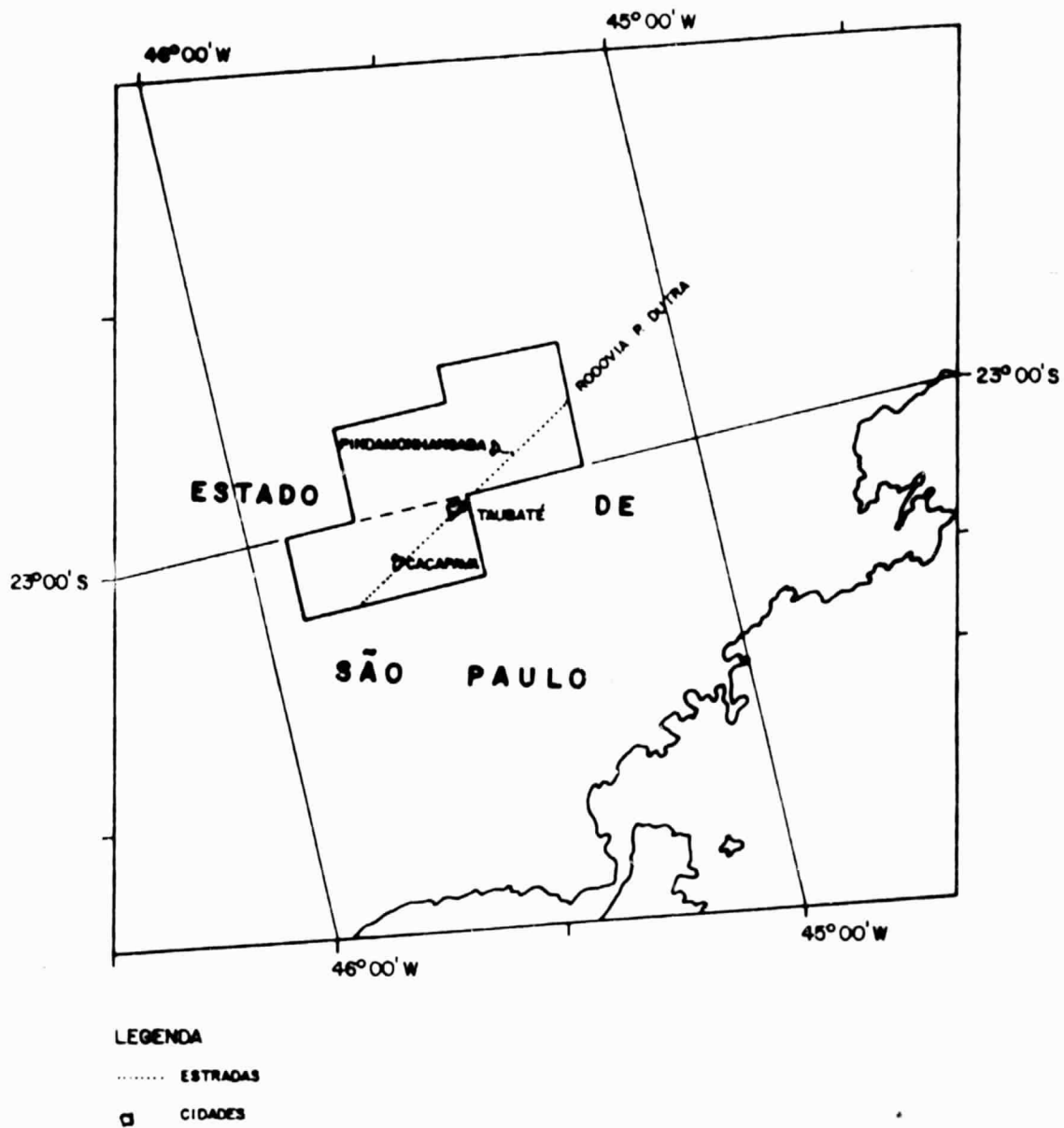


Fig. II.3 - Área teste Taubaté.

Este mapa foi também corrigido, no campo, e foi utilizado para se estimar as taxas de modificação no uso da terra no Vale do Paraíba, pois este se localiza num trecho que tem apresentado uma maior intensidade de modificações, na década de 70.

A metodologia utilizada na área teste de Taubaté foi re aplicada para o período chuvoso, janeiro de 1978, para verificar se o uso de dados sequenciais melhorariam a precisão da classificação.

Como os resultados não foram satisfatórios e o método de mostrou-se complexo e de difícil aplicação em áreas extensas, o mapeamento, para a área total do Vale do Paraíba, foi realizado através da utilização, principalmente, da imagem LANDSAT, no canal 5, de setembro de 1977 (período seco).

Na 3ª etapa foi, então, confeccionado um mapa de uso da terra do Vale do Paraíba na escala 1:250.000. Este mapa foi levado ao campo para correção e, posteriormente, reduzido para a escala aproximada de 1:500.000.

c) análise das modificações no uso da terra na área teste Taubaté entre 1973 e 1977.

Esta análise foi feita através do cálculo da área ocupada pelos diferentes usos para 1973 e 1977.

Foram construídas tabelas com a porcentagem da área ocupada pelos diferentes usos em relação à área teste Taubaté. Foi também calculada a taxa de variação de diferentes usos entre 1973 e 1977.

2.3.2 - INTERPRETAÇÃO AUTOMÁTICA DE DADOS LANDSAT UTILIZANDO-SE O SISTEMA I-100

Durante a interpretação automática foram utilizados os dados obtidos pelo LANDSAT em 09 de setembro de 1977.

Nesta fase do trabalho, a área teste, com controle fotográfico, foi dividida em 10 módulos (Figura II.4) com o objetivo de selecionar áreas para treinamento, compatíveis com a escala do mapa de uso da terra obtido através de fotografias aéreas na escala 1:50.000 (Cetesb, 1979).

ORIGINAL PAGE
COLOR PHOTOGRAPH

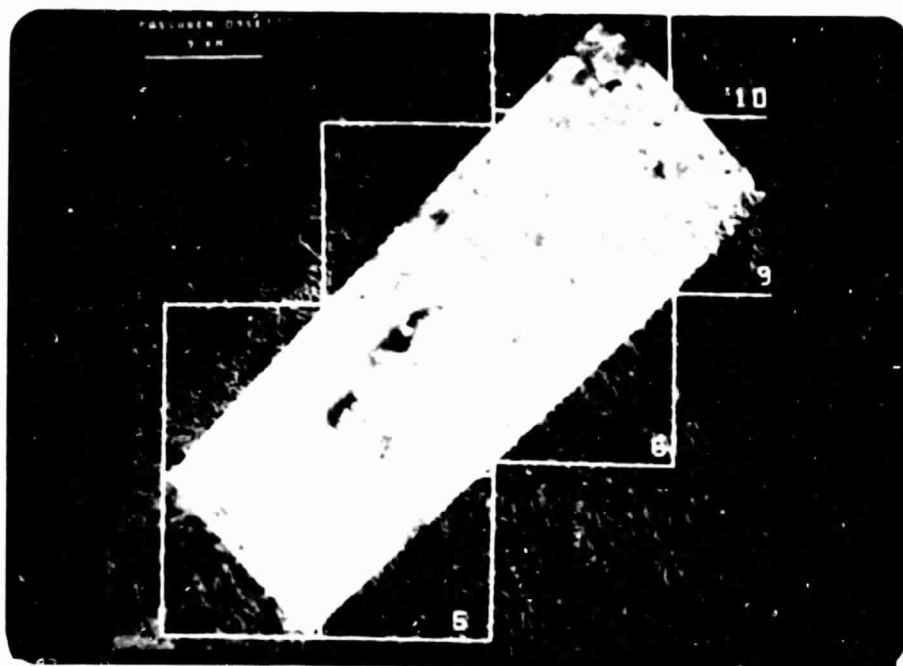


Fig. II.4 - Divisão da área de estudo na tela do sistema I-100.

Tomaram-se como áreas de treinamento, os módulos 1 e 4 por apresentar grande diversidade de padrões de uso da terra no Vale do Paraíba (Figuras II.5 e II.6).

O módulo 1, (Figura II.5) com aproximadamente 82,200 km², apresenta duas unidades geomorfológicas, a várzea do Paraíba, com áreas ocupadas com capões de mata e cultura de arroz, predominantemente; e a área de colinas terciárias, nas proximidades da serra da Mantiqueira com domínio de pastagem.

O módulo 4, (Figura II.6) com uma área aproximada de 146,420 km², localiza-se a sudeste do módulo 1, e se caracteriza por apresentar uma diversidade de formas de relevo e variações de padrões de uso da terra. Na parte noroeste do módulo, tem-se a várzea do rio Paraíba do Sul com predomínio da cultura de arroz. Na parte central e sul em terrenos do terciário, aparecem as áreas de pastagem e a cidade de Taubaté.

Estes dois módulos foram escolhidos para a análise comparativa por apresentarem características semelhantes de relevo, mas com diferentes classes de uso da terra. Neste sentido, foi possível verificar se um número maior de tipos de uso alteraria o resultado da classificação.

A classificação automática foi realizada de acordo com as seguintes fases:

- ampliação da cena na tela do I-100 até a escala aproximada de 1:50.000 (Cetesb, 1979) compatível com a escala do mapa de uso da terra, obtido através da interpretação de fotografias aéreas;
- seleção das amostras com o auxílio do mapa de uso da terra, obtido através da interpretação de fotografias aéreas convencionais e reconhecimento de campo (Tabela II.4 e II.5);
- classificação automática a partir das amostras selecionadas, utilizando-se a opção de classificação "Máxima Verossimilhança", implementada no sistema I-100 por Velasco et al (1978).

ORIGINAL PAGE
COLOR PHOTOGRAPH

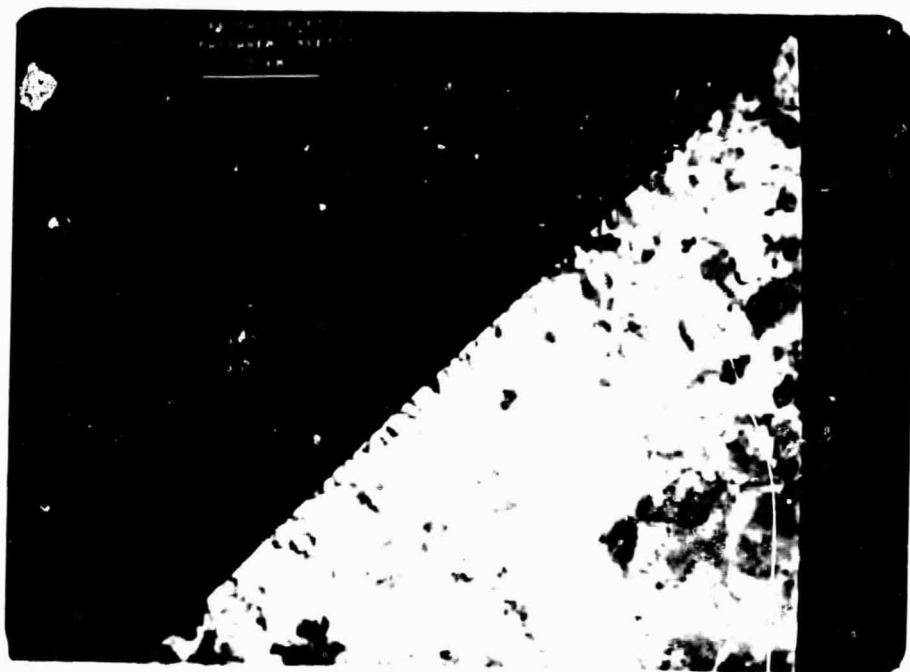


Fig. II.5 - Localização da área de estudo na tela do sistema I-100 (módulo 1).

ORIGINAL PAGE
COLOR PHOTOGRAPH

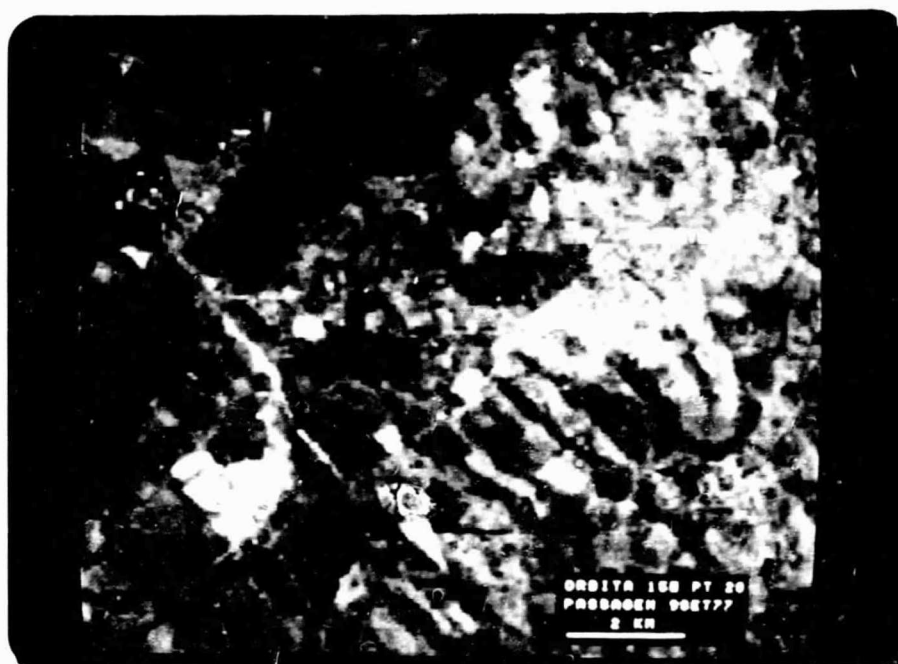


Fig. II.6 - Localização da área de estudo na tela do sistema I-100 (módulo 4).

TABELA II.4

DISTRIBUIÇÃO DE AMOSTRAS (MÓDULO 1)

CLASSES	Nº DE PIXELS	
	ÁREAS DE TREINAMENTO	ÁREAS TESTES
Solo exposto	24	96
Área cultivada I	72	288
Área cultivada II	500	2000
Pastagem	420	1696
Reflorestamento	240	960
Mata	216	872

TABELA II.5

DISTRIBUIÇÃO DE AMOSTRAS (MÓDULO 4)

CLASSES	Nº DE PIXELS	
	ÁREAS DE TREINAMENTO	ÁREAS TESTES
Área Urbana	1368	5496
Área Industrial	356	432
Solo exposto	532	2146
Área cultivada I	1548	6220
Área cultivada II	1180	4740
Pastagem	1964	7860
Reflorestamento	596	2396
Mata	324	1296

O cálculo de precisão da classificação, foi feito a partir das seguintes técnicas:

- interseção do resultado da classificação da área de estudo com a área teste de cada classe analisada, utilizando-se o programa "cálculo de área". Desta maneira, pode-se avaliar o número de "pixels" corretamente classificados em cada classe. Através da interseção do resultado da classificação de determinada classe com as áreas testes das demais classes, obteve-se o número de "pixels" incorretamente classificados. Este método encontra-se descrito em Niero (1978).

- análise comparativa entre o total de área, obtido em cada classe de uso da terra, através da classificação automática, com o total de cada classe, obtido através de fotografias aéreas convencionais. Deste modo, tendo-se como base a classificação correta, feita através de interpretação de fotografias aéreas, pode-se inferir o erro da classificação automática.

CAPÍTULO III

RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 - INTERPRETAÇÃO VISUAL DE DADOS

3.1.1 - MAPA DE USO DA TERRA NA ESCALA 1:500.000, PARA O ANO DE 1973

O mapa resultante da interpretação visual de imagens LANDSAT referente a 1973 pode ser visto na Figura III.1.

As classes levantadas foram: área urbana/edificada, área cultivada/pastagens artificiais, pastagem natural, reflorestamento e mata.

Como pode ser observado, a legenda utilizada é bastante ampla, agrupando, às vezes, diferentes classes funcionais. A classe urbana edificada inclui tanto as áreas urbanizadas como as áreas industriais.

A classe área cultivada/pastagens artificiais inclui dois tipos de usos diferentes que não puderam ser separados devido ao sistema de rotação de terras existentes na região e desatualização da imagem utilizada para a interpretação. Além disso, foram classificadas como áreas cultivadas, áreas de terrenos preparados para fins de reflorestamento.

A classe mata, por exemplo, representa áreas de vegetação primitiva e áreas de vegetação secundária, mesmo sem atingir porte arbóreo.

Com o objetivo de aumentar o número de classes e auxiliar o acerto da classificação foi realizado um trabalho mais detalhado, numa área teste menor. Foi realizada uma comparação entre classes mapeadas na imagem (1973), e aquelas obtidas a partir de fotografias, na escala 1:25.000, na mesma data. Os resultados obtidos encontram-se discutidos em Novo (1978).

MAPA DE USO DA TERRA NO VALE

CNPq - INPE

45°30' W

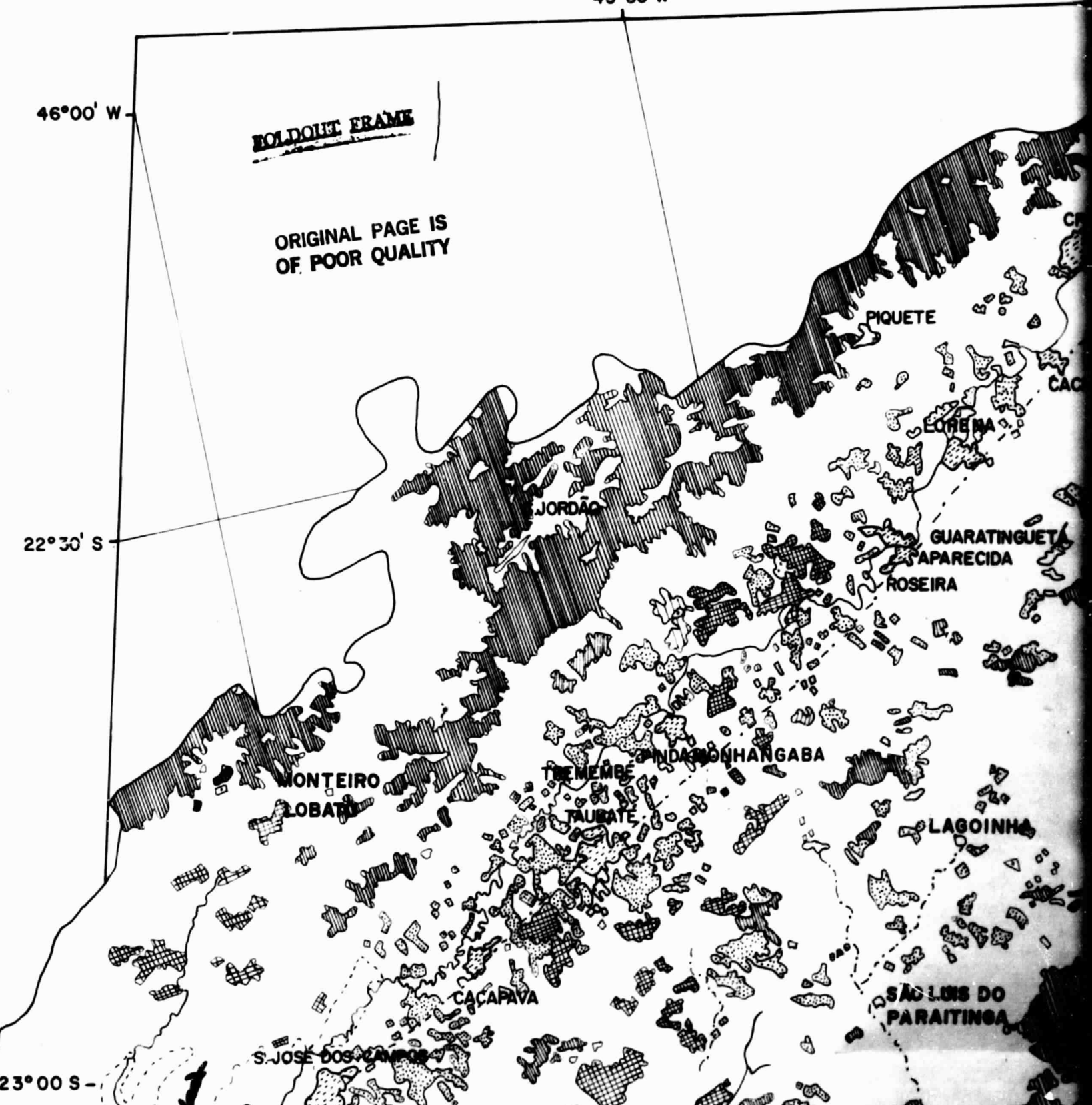
46°00' W

BOLDOUET FRAME

ORIGINAL PAGE IS
OF POOR QUALITY

22°30' S

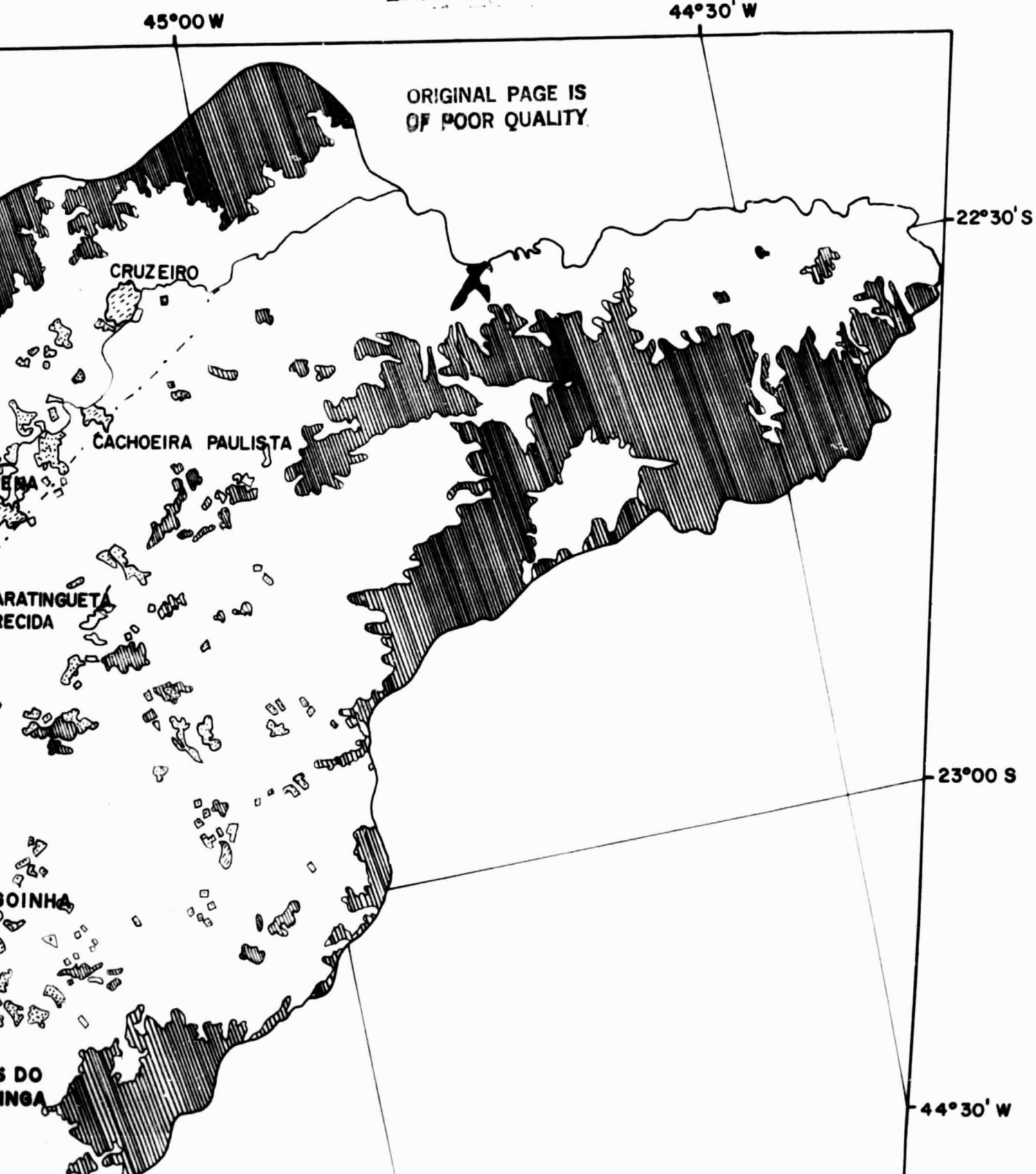
23°00' S



VALE DO PARAIBA (1973)

FIG. III.1

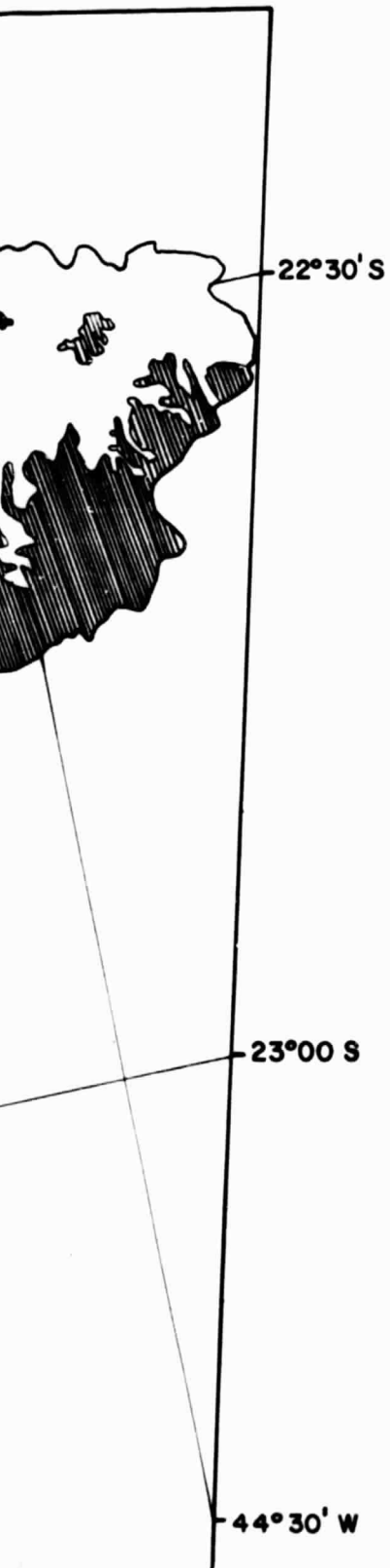
BOLDOUT FRAME



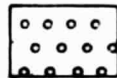
~~EXCERPT FROM~~ 3

ORIGINAL PAGE IS
OF POOR QUALITY

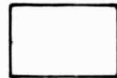
LEGENDA



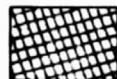
ÁREAS URBANAS E EDIFICADAS



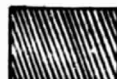
ÁREAS CULTIVADAS E PASTAGENS ARTIFICIAIS



PASTAGEM



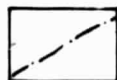
REFLORESTAMENTO



MATA



REPRESAS



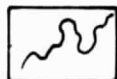
ESTRADAS



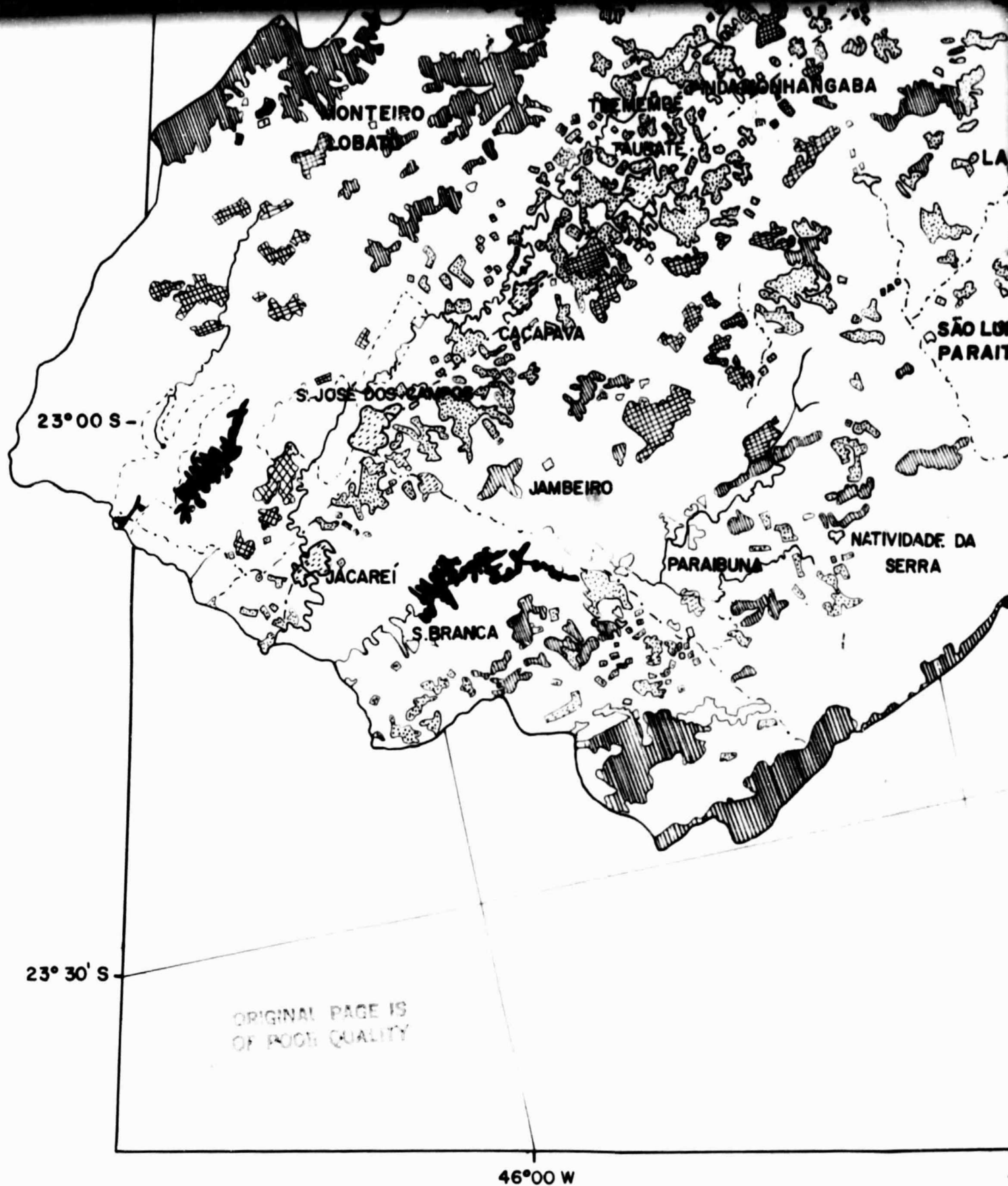
RIOS



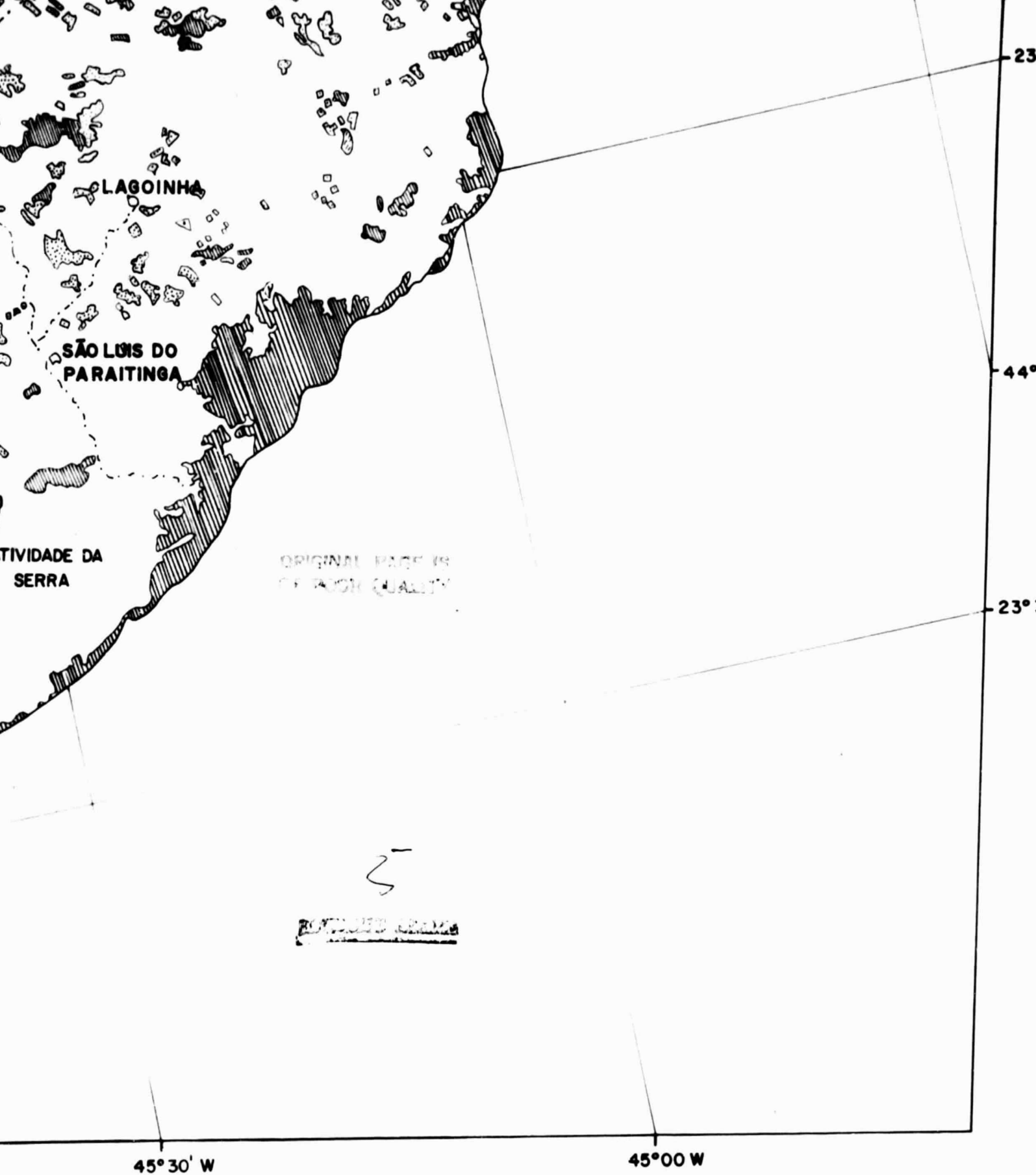
NUVENS



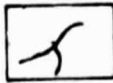
LIMITE DA ÁREA DE ESTUDO



2012001 2012001 4



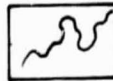
23°00 S



RIOS



NUVENS



LIMITE DA ÁREA DE ESTUDO

44°30' W

ESCALA GRÁFICA

1 : 500.000



23°30' S

ORIGINAL QUALITY
OF PHOTO QUALITY

6

21.8.1988

O mapa resultante da interpretação de imagens LANDSAT para 1973 não é comparável com aquele obtido para 1977, devido às diferenças na legenda e à baixa confiabilidade daquele em virtude da não realização de trabalho de campo.

3.1.2 - MAPA DE USO DA TERRA NA ESCALA 1:500.000 PARA O ANO DE 1977
(ESCALA ORIGINAL 1:250.000)

a) Mapa de Classes Homogêneas de Níveis de Cinza.

A análise visual dos canais 5 e 7 permitiu a identificação de classes homogêneas de níveis de cinza. Esta análise foi feita para dois períodos, setembro de 1977 e janeiro de 1978. A passagem de janeiro foi utilizada para complementar as informações referentes à área de cultura de verão. Foi utilizado o ano de 1978 devido à dificuldade de se obter imagem de boa qualidade referente ao período chuvoso de 1977. Para o período de setembro de 1977 foram identificadas seis classes de níveis de cinza no canal 7, e sete classes de níveis de cinza no canal 5. A passagem de janeiro de 1978 permitiu a identificação de seis classes de níveis de cinza, no canal 7, e seis classes de níveis de cinza no canal 5. As Figuras III.2 e III.3 apresentam os resultados da identificação de classes homogêneas de níveis de cinza para a passagem de 9 de setembro de 1977.

Os resultados desta análise permitiram confeccionar um mapa de superposição dos canais 5 e 7. Este mapa apresentou unidades espectrais que deveriam ser relacionadas às classes de uso da terra, obtidas através da comparação com o mapa já existente na escala 1:50.000. Esta comparação foi feita através do sistema de amostragem, anteriormente descrito no Capítulo II.

ORIGINAL PAGE IS
OF POOR QUALITY

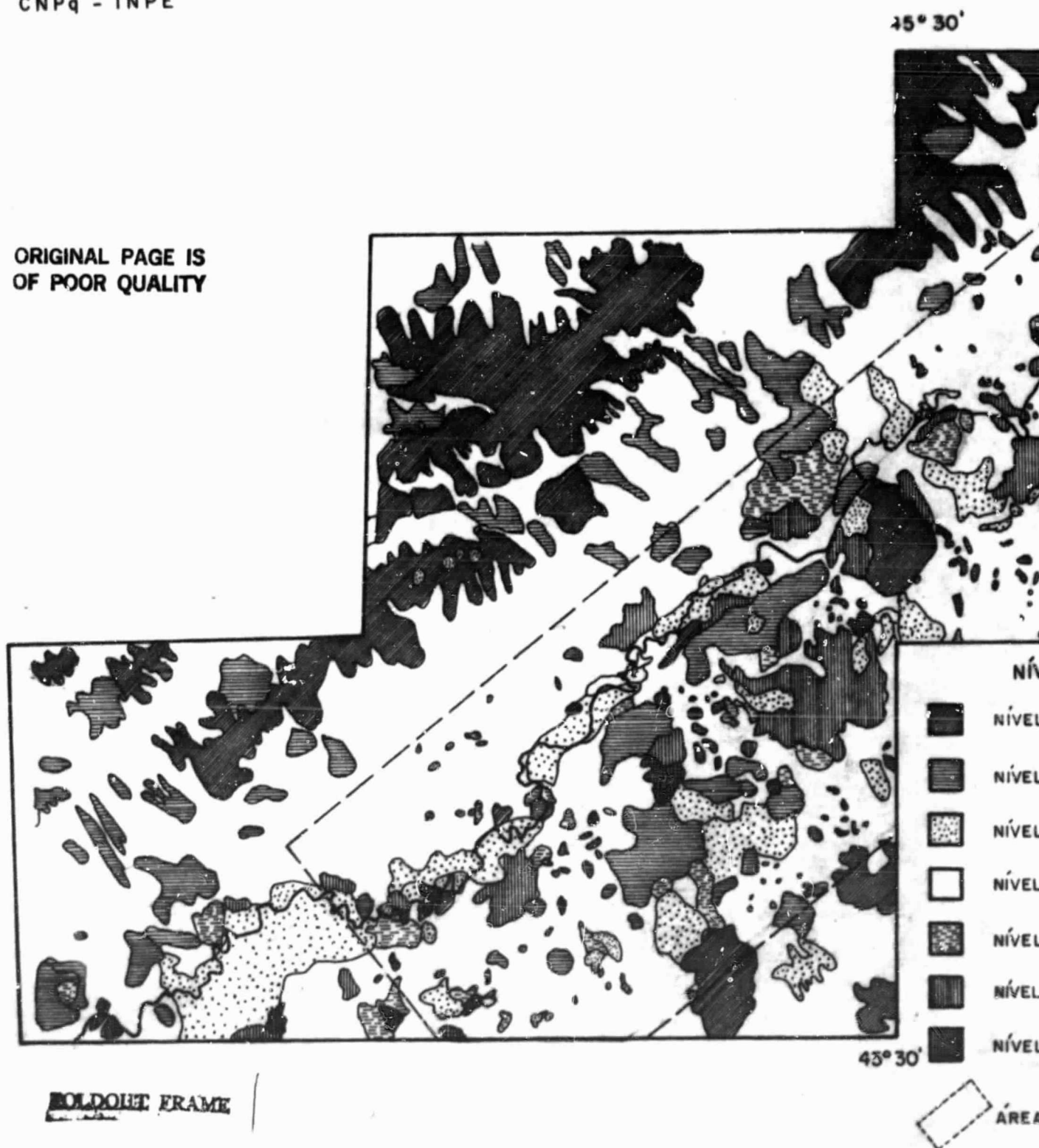
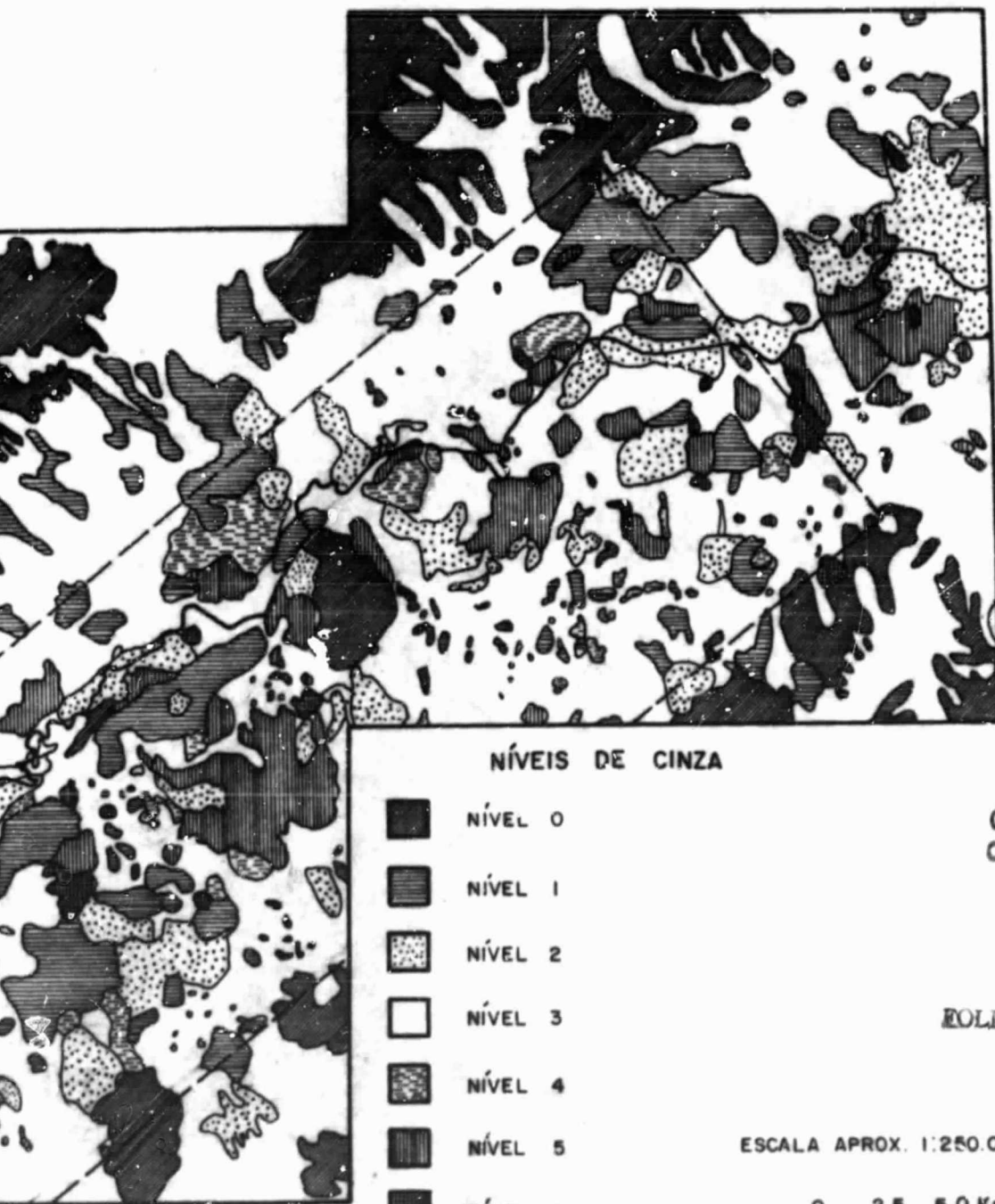


FIG. III. 2 - MAPA COM UNIDADES HOMOGENÊAS QUANTO AO NÍVEL DE CINZA, IDENTIFICADAS ATRAVÉ

45° 30'



23° 00'

NÍVEIS DE CINZA

-  NÍVEL 0
-  NÍVEL 1
-  NÍVEL 2
-  NÍVEL 3
-  NÍVEL 4
-  NÍVEL 5
-  NÍVEL 6

ORIGINAL PAGE IS
OF POOR QUALITY

2
KOLDObT FRAMe

ESCALA APROX. 1:250.000

0 2,5 5,0 Km

45° 30'



ÁREA TESTE COM CONTROLE FOTOGRÁFICO

NÍVEL DE CINZA, IDENTIFICADAS ATRAVÉS DA ANÁLISE VISUAL DO CANAL 5 (1977)

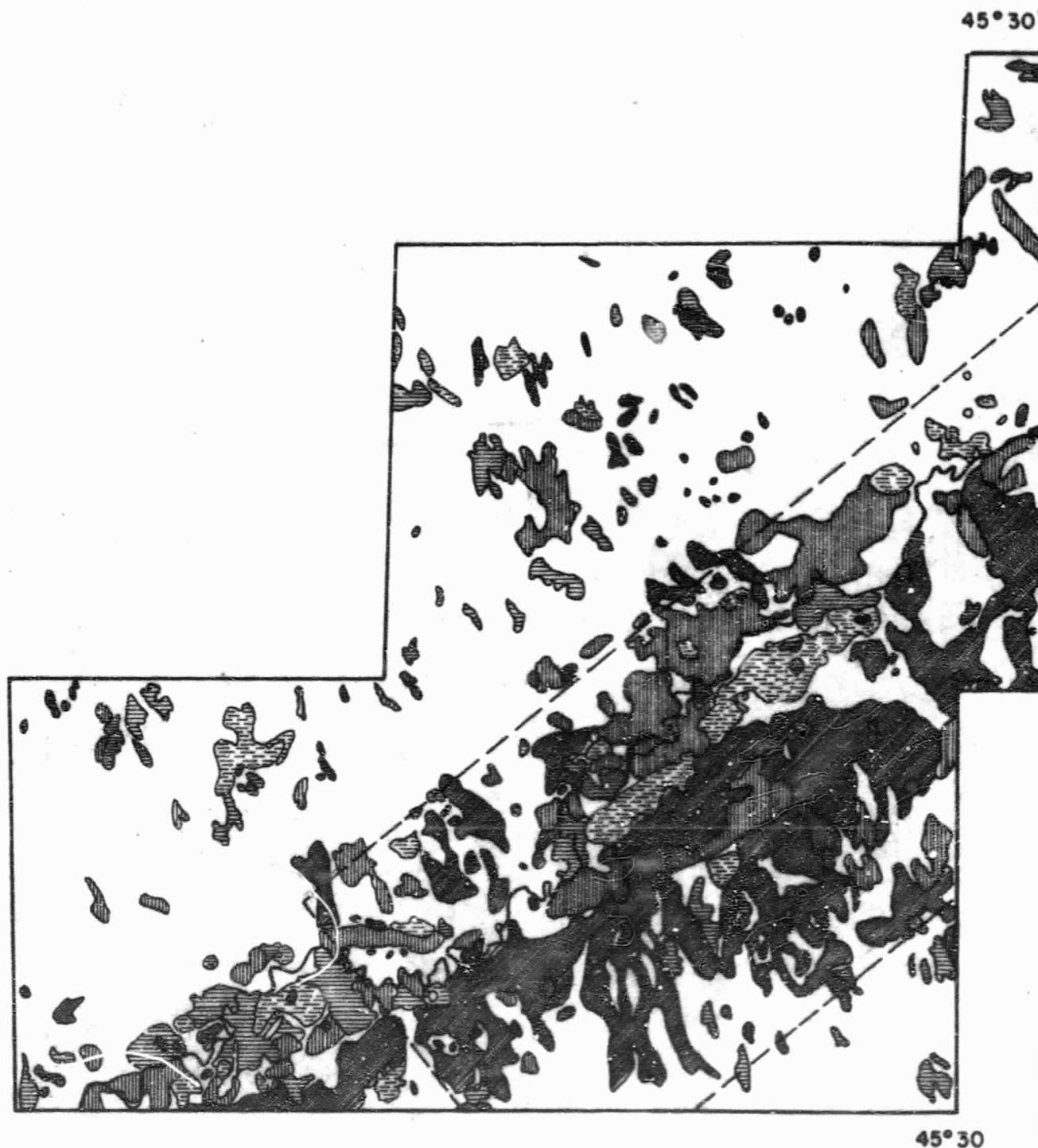
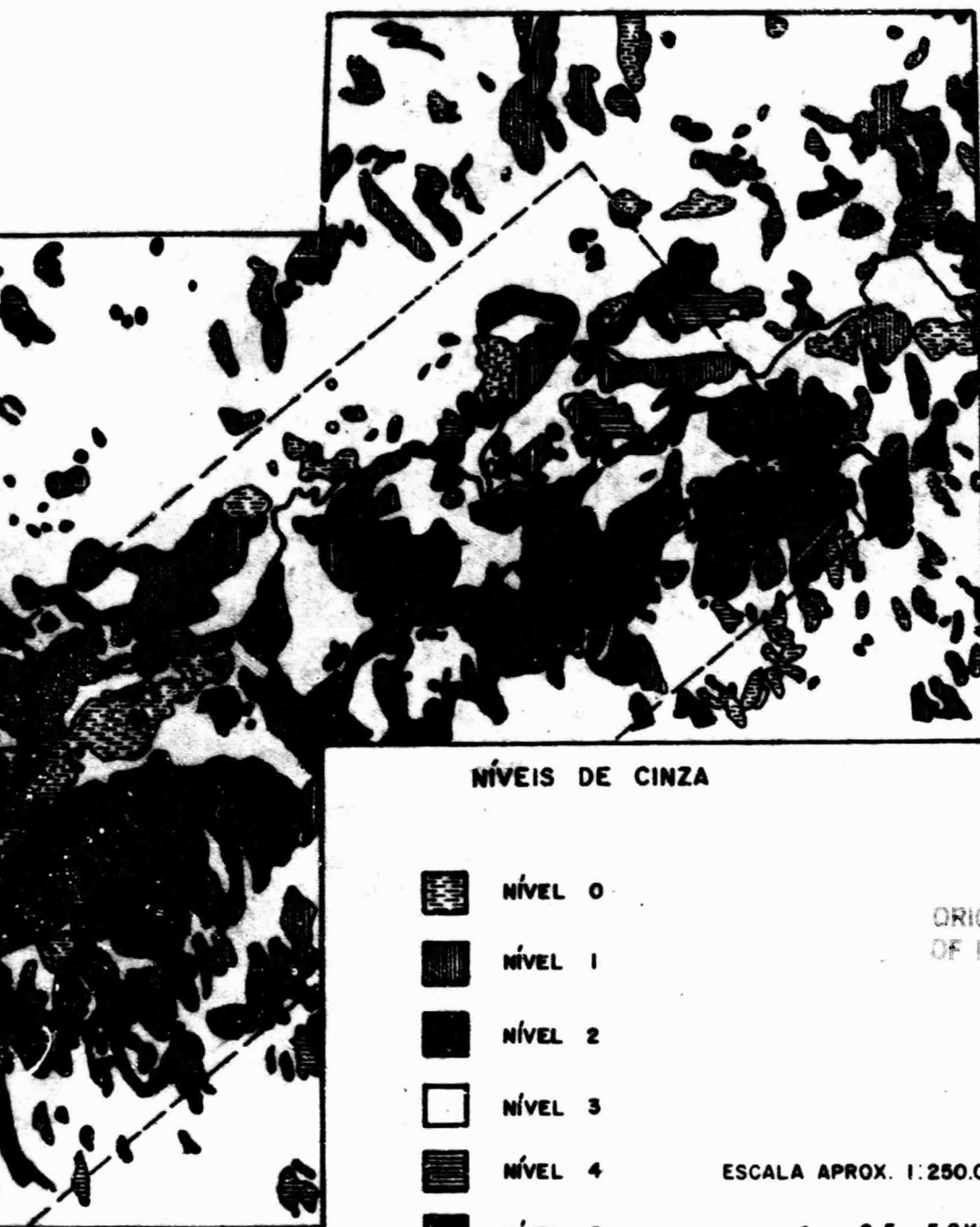


FIG. III.3 - MAPA COM UNIDADES HOMOGÊNEAS QUANTO AO NÍVEL DE CINZA, IDENTIFICADAS AT

ORIGINAL PAGE IS
OF POOR QUALITY.







OLDONE FRAME

45°30'



23°00'

NÍVEIS DE CINZA

-  NÍVEL 0
-  NÍVEL 1
-  NÍVEL 2
-  NÍVEL 3
-  NÍVEL 4
-  NÍVEL 5

ORIGINAL PAGE IS
OF POOR QUALITY

ESCALA APROX. 1:250.000

0 2,5 5,0 Km

45°30'



ÁREA TESTE COM CONTROLE FOTOGRÁFICO

NÍVEL DE CINZA, IDENTIFICADAS ATRAVÉS DA ANÁLISE VISUAL DO CANAL 7 (1977)

EOLDOUT FRAME

2

A Tabela III.1 apresenta uma matriz em que nas linhas estão dispostos os níveis de cinza do canal 7 e nas colunas os níveis de cinza do canal 5 para 1977. Na interseção das linhas e colunas foi computado o número de observações pertencentes a cada classe e calculada a probabilidade de ocorrência da classe em cada célula. Este procedimento foi realizado também para 1978 (Tabela III.2).

A análise da matriz da Tabela III.1 permite verificar que, em geral, as classes de uso da terra apresentam uma baixa frequência de ocorrência, nas diferentes classes espectrais. Salienta-se, por exemplo, a classe área cultivada, cuja maior frequência de ocorrência é de 0,16, no espaço definido pelo nível de cinza 3 no canal 5 e 1 no canal 7. Em geral, esta classe apresenta frequências de ocorrência em torno de 0,02, distribuídas por quase todas as células da matriz, demonstrando, desta forma, que não existe uma resposta peculiar nos canais 5 e 7 que possa ser associada a ela com precisão.

Outro aspecto que pode ser salientado pela análise da Tabela III.1 é a existência de células em que ocorrem praticamente todas as classes de uso da terra. Por exemplo, a célula definida pelo nível 2 do canal 5 e pelo nível 2 do canal 7 foi relacionada a seis classes de uso da terra: área cultivada, pastagem plantada, pastagem natural, reflorestamento, vegetação natural (capoeira, vegetação de várzea e arbustos) e mata. Disto se pode concluir que é muito difícil associar uma única classe de uso da terra a uma determinada classe espectral. Nos casos mais otimistas, foram encontradas frequências de ocorrência da classe, numa dada célula, em torno de 0,82 para a classe indústria. Mas, mesmo nesta célula, ocorrem outras classes, embora com frequências mais baixas, havendo, portanto, uma possibilidade de erros de inclusão se fosse atribuída à classe indústria esta resposta espectral.

Para janeiro de 1978 os resultados foram menos satisfatórios, o que pode ser depreendido da comparação das Tabelas III.1 e III.2.

TABELA III.1

MATRIZ DE FREQUÊNCIA DE OCORRÊNCIA DAS CLASSES DE USO DA TERRA (1977),
EM RELAÇÃO À TONALIDADE DE CINZA PARA OS CANAIS 5 e 7

TONALIDADE DE CINZA

CANAL 7

TONALIDADE DE CINZA

CANAL 5

	0	1	2	3	4	5	6
0	AC = 0,05 VN = 0,05	AC = 0,05 VN = 0,05	AC = 0,02	SE = 0,07	SE = 0,07	SE = 0,07	AC = 0,02
1	AC = 0,02	M = 0,05	VN = 0,05	AC = 0,16 P = 0,05	AC = 0,05 P = 0,01	AU = 0,09 SE = 0,14 AC = 0,02 P = 0,01	AU = 0,09 I = 0,11 SE = 0,07 AC = 0,05
2	R = 0,07 VN = 0,05 M = 0,50	R = 0,07 VN = 0,05	AC = 0,05 PP = 0,28 P = 0,10 R = 0,07 VN = 0,05 M = 0,15	AC = 0,02 PP = 0,04 P = 0,18	AC = 0,02 PP = 0,04	AU = 0,45 I = 0,11 AC = 0,02 P = 0,03	AU = 0,09 I = 0,82 SE = 0,38 AC = 0,02
3	AC = 0,02 R = 0,07 VN = 0,47	R = 0,50 VN = 0,17 M = 0,20	AC = 0,02 PP = 0,14 P = 0,03	AC = 0,05 PP = 0,38 P = 0,50		AU = 0,27 SE = 0,23 AC = 0,02	
4		PP = 0,04 R = 0,07	M = 0,20	AC = 0,10 PP = 0,04 P = 0,01		AC = 0,02	
5	R = 0,07			AC = 0,02 P = 0,01		R = 0,07	
6							

Classes de Uso da Terra

AU = área urbana
 I = área industrial
 SE = solo exposto
 AC = área cultivada
 PP = pastagem plantada
 P = pastagem natural
 R = reflorestamento
 VN = vegetação natural (capoeira, vegetação de várzea e arbustos)
 M = mata

TABELA III.2

MATRIZ DE FREQUÊNCIA DE OCORRÊNCIA DE CLASSES DE USO DA TERRA (1978) em
RELAÇÃO À TONALIDADE DE CINZA, NOS CANAIS 5 e 7

		TONALIDADE DE CINZA					
		CANAL 5					
		0	1	2	3	4	5
TONALIDADE DE CINZA	CANAL 7	0	SE = 0,07 AC = 0,03				
		1	AC = 0,01 AC = 0,07				AU = 0,06
		2	SE = 0,15 AC = 0,07 PP = 0,03 P = 0,02 R = 0,37 VN = 0,11 M = 0,10	SE = 0,07 AC = 0,06 PP = 0,06 P = 0,14 VN = 0,22 M = 0,05	SE = 0,15 AC = 0,06 PP = 0,06 P = 0,18	AC = 0,03 PP = 0,03 P = 0,08	AU = 0,25 I = 0,84 SE = 0,29
		3	AC = 0,10 PP = 0,03 P = 0,04 R = 0,25 VN = 0,38 M = 0,55	AC = 0,21 PP = 0,13 P = 0,13 R = 0,25 VN = 0,16 M = 0,10	SN = 0,07 AC = 0,07 PP = 0,33 P = 0,14 VN = 0,05	AC = 0,07 PP = 0,13 P = 0,13 R = 0,06	AC = 0,03 AU = 0,50 I = 0,10 SE = 0,23 AC = 0,03
		4	P = 0,01 VN = 0,05	AC = 0,03 PP = 0,06 P = 0,04 M = 0,15	AC = 0,01 PP = 0,06 P = 0,02	AC = 0,01 PP = 0,03 P = 0,01	AU = 0,12 I = 0,05 AC = 0,01
		5	AC = 0,01 M = 0,05	P = 0,04 R = 0,06			

Classes de Uso da Terra

AU = área urbana
I = área industrial
SE = solo exposto
AC = área cultivada
PP = pastagem plantada
P = reflorestamento
VN = vegetação natural (capoeira, vegetação de várzea e arbustos)
M = mata

Para confecção das matrizes das Tabelas III.1 e III.2 foram calculadas apenas as probabilidades de cada classe ocorrer em cada célula, sem se considerar a probabilidade de ocorrência de cada classe. A Tabela III.3 apresenta os resultados da probabilidade ponderada de cada classe, ou seja, o produto da probabilidade de sua ocorrência na área de estudo.

A análise desta tabela demonstra que se for considerada a frequência de ocorrência da classe, no cálculo da probabilidade de ocorrência da classe, numa dada célula, a precisão de classificação se modifica. Por exemplo, a classe indústria conforme Tabela III.3, apresentou uma frequência de ocorrência na região espectral 6/2 bastante elevada (0,82), enquanto que a classe solo exposto apresenta uma frequência bem menor de ocorrência, na mesma região (0,38). Entretanto, a frequência de ocorrência da classe indústria na área de estudo é 0,026, enquanto a classe solo exposto é 0,094. Quando se considera a probabilidade de ocorrência da classe, no espaço, e a probabilidade de ocorrência da classe, na célula espectral, a classe com maior probabilidade de ocorrer no espaço espectral é solo exposto e não indústria.

Os resultados obtidos podem ser melhor visualizados nas Figuras III.4 e III.5. A Figura III.4 apresenta a frequência relativa de ocorrência de cada classe numa região espectral.

A análise dessas figuras mostra que existem regiões em que há superposição de diversas classes como por exemplo: a urbana/solo exposto; área cultivada/solo exposto; plantação plantada/pastagem natural; reflorestamento/mata. Observaram-se que algumas classes, com área cultivada ocorrem num intervalo bastante amplo do espaço espectral, caracterizando-se por uma grande variabilidade de respostas nos dois canais analisados. Outras classes, como reflorestamento e mata, encontram-se restritas a uma porção espectral, caracterizada, principalmente, por níveis de cinza escuro, no canal 5.

FREQUENCIA COMPOSTA DE OCORRENCIA DE CLASSES DE USO DA TERRA (1977)

[illegible]

ORIGINAL PAGE IS
OF POOR QUALITY

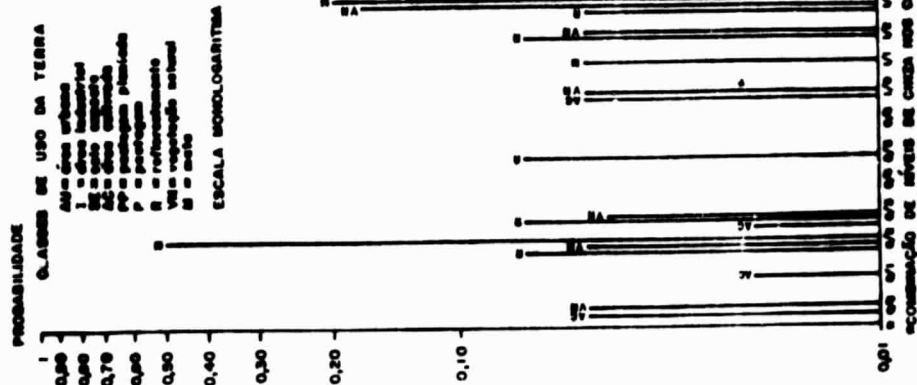


Fig. III.4 - Frequência de ocorrência das classes de uso da terra (sem probabilidade da classe)

ORIGINAL PAGE IS
OF POOR QUALITY

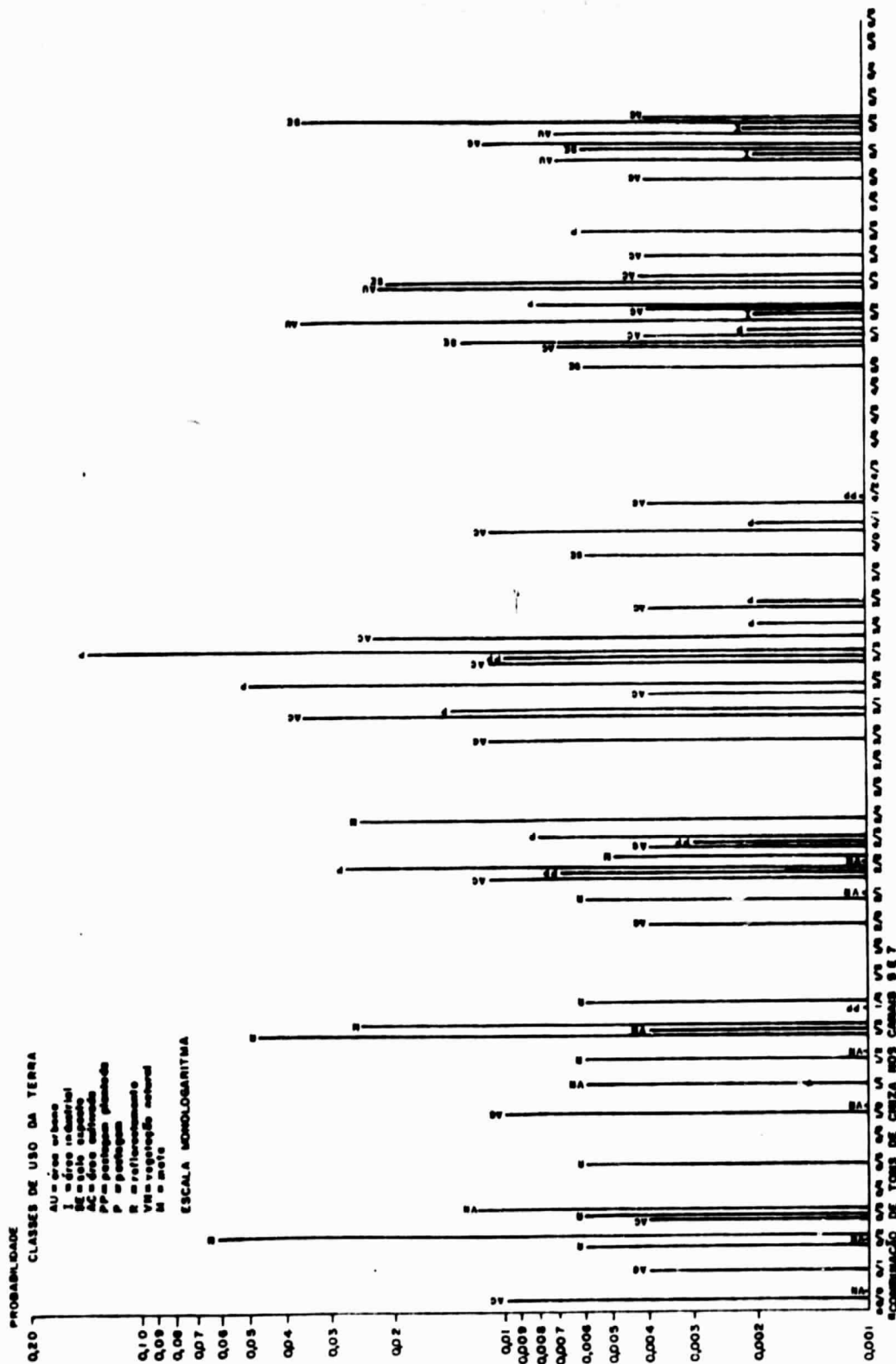


Fig. III.5 - Frequência de ocorrência das classes de uso da terra (com probabilidade da classe)

Na Figura III.5 considerou-se que todas as classes têm a mesma ocorrência no espaço. Analisando-se esta figura têm-se uma idéia real da probabilidade de cada classe ocorrer, numa dada célula espectral. Fez-se a contagem dos valores de frequência relativa de cada classe dentro da célula e os valores de frequência da classe no espaço.

Através da análise da Figura III.5 observa-se que, neste caso, existem certas regiões espectrais que podem ser associadas a determinadas classes de uso da terra que possuem maior frequência. Por exemplo, a classe reflorestamento teria mais chance de ocorrer na célula 1/3, enquanto que a classe mata teria mais chance na região 0/2. Entretanto, se forem consideradas para fins de mapeamento apenas estas regiões de maior frequência como sendo representativas da classe, muitas áreas seriam omitidas da classificação ou classificadas erroneamente.

A probabilidade de classificação correta, considerando-se apenas a probabilidade de cada tipo de uso da terra (probabilidade \geq a 0,10) ocorrer, num dado espaço espectral, pode ser observada na Tabela III.4. Nesta tabela, encontram-se os resultados apenas para as células que apresentaram probabilidade acima de 0,10. Pela análise da Tabela, observa-se que, para o ano de 1977, a utilização deste procedimento determinou altos erros de omissão e inclusão.

No caso de área cultivada, se forem consideradas apenas as células com probabilidade superior a 0,10, como representativas da classe, haverá uma omissão de 84% de suas amostras. Isto ocorre porque a classe área cultivada tem uma resposta muito variada, apresentando superposição com as demais classes.

Quanto ao erro de inclusão, a classe área cultivada apresenta uma porcentagem mais baixa (33%), o que, relacionado ao erro de omissão, demonstra que não se pode mapear seguramente esta classe, utilizando-se apenas a variável tonalidade de cinza nos canais 5 e 7.

TABELA III.4

ERROS DE OMISSÃO E INCLUSÃO NA CLASSIFICAÇÃO VISUAL DE DADOS
(SEM PROBABILIDADE DA CLASSE)

CLASSE	PORCENTAGEM DE AMOSTRAS OMITIDAS	PORCENTAGEM DE AMOSTRAS INCLUIDAS
Urbana	27%	53%
Indústria	0%	52%
Solo exposto	38%	71%
Área cultivada	84%	33%
Pastagem	16%	12%
Reflorestamento	50%	50%
Mata e capoeira	59%	37%

A classe que apresentou menor porcentagem de erro na classificação foi pastagem (Tabela III.4) com apenas 16% de erro de omissão e 12% de erro de inclusão. Esta porcentagem de erro, entretanto, é bastante elevada para fins de mapeamento.

Os resultados da estimativa de erro, quando a probabilidade da classe é adicionada à probabilidade de ocorrência de um tipo de uso da terra de uma determinada célula da matriz, são apresentados na Tabela III.5.

A análise da Tabela III.5 demonstra que, em geral, ocorre uma diminuição do erro de omissão e um aumento no erro de inclusão, quando se considera a probabilidade de ocorrência da classe. No caso da classe área cultivada, por exemplo, a porcentagem de amostras omitidas caiu de 84% para 48%, mas a porcentagem de amostras incluídas aumentou de 33% para 75%. Neste caso ainda, a classe que apresentou menor porcentagem de erro foi a pastagem, com 18% de omissão e 18% de inclusão.

TABELA III.5

ERROS DE OMISSÃO E INCLUSÃO NA CLASSIFICAÇÃO VISUAL DOS DADOS
(COM PROBABILIDADE DA CLASSE)

CLASSE	PORCENTAGEM DE AMOSTRAS OMITIDAS	PORCENTAGEM DE AMOSTRAS INCLUÍDAS
Urbana	27%	52%
Indústria	18%	33%
Solo exposto	23%	69%
Área cultivada	48%	75%
Pastagem	18%	18%
Reflorestamento	50%	50%
Mata e capoeira	22%	27%

Os resultados da análise demonstram, portanto, que apenas a utilização da tonalidade como critério de classificação dos dados na análise visual, não é suficiente, mesmo quando se utilizam informações multiespectrais.

Isto se explica pelo fato de que as classes analisadas variam sua resposta espectral em função de diferenças de solo, posição no quadro topográfico, estação do ano, posição relativa das classes no espaço, conforme já salientado por Westin e Lemme (1978).

Desta maneira, para um mapeamento das classes de uso da terra através de imagens LANDSAT foi necessária a utilização de outros critérios de classificação como: tamanho, forma, localização e textura, complementando ainda, com intenso trabalho de campo.

b) Mapa de Uso da Terra na área teste Taubaté na escala de 1:250.000.

O mapa resultante da superposição dos canais 5 e 7 foi transformado em um mapa de uso da terra através da utilização daqueles critérios de classificação e comparação com o mapa da área de estudo, obtido a partir da interpretação visual de fotografias aéreas, na escala de 1:50.000 (Cetesb, 1979). Após o trabalho de campo para a correção de pontos divergentes em relação às interpretações das fotografias aéreas e a imagem de satélite, obteve-se o mapa da Figura III.6.

Como pode ser observado na Figura III.6, as classes obtidas são gerais: área urbana, área industrial, solo exposto, área cultivada, pastagem, reflorestamento, capoeira e mata.

As classes solo exposto, indústria e área urbana edificada apresentaram problemas de delimitação quando encontravam-se contíguas. No caso da classe área urbana edificada torna-se difícil definir o seu limite preciso, devido ao pequeno contraste com os arredores, em geral ocupados por pastagens que muitas vezes são mal formadas ou não conservadas.

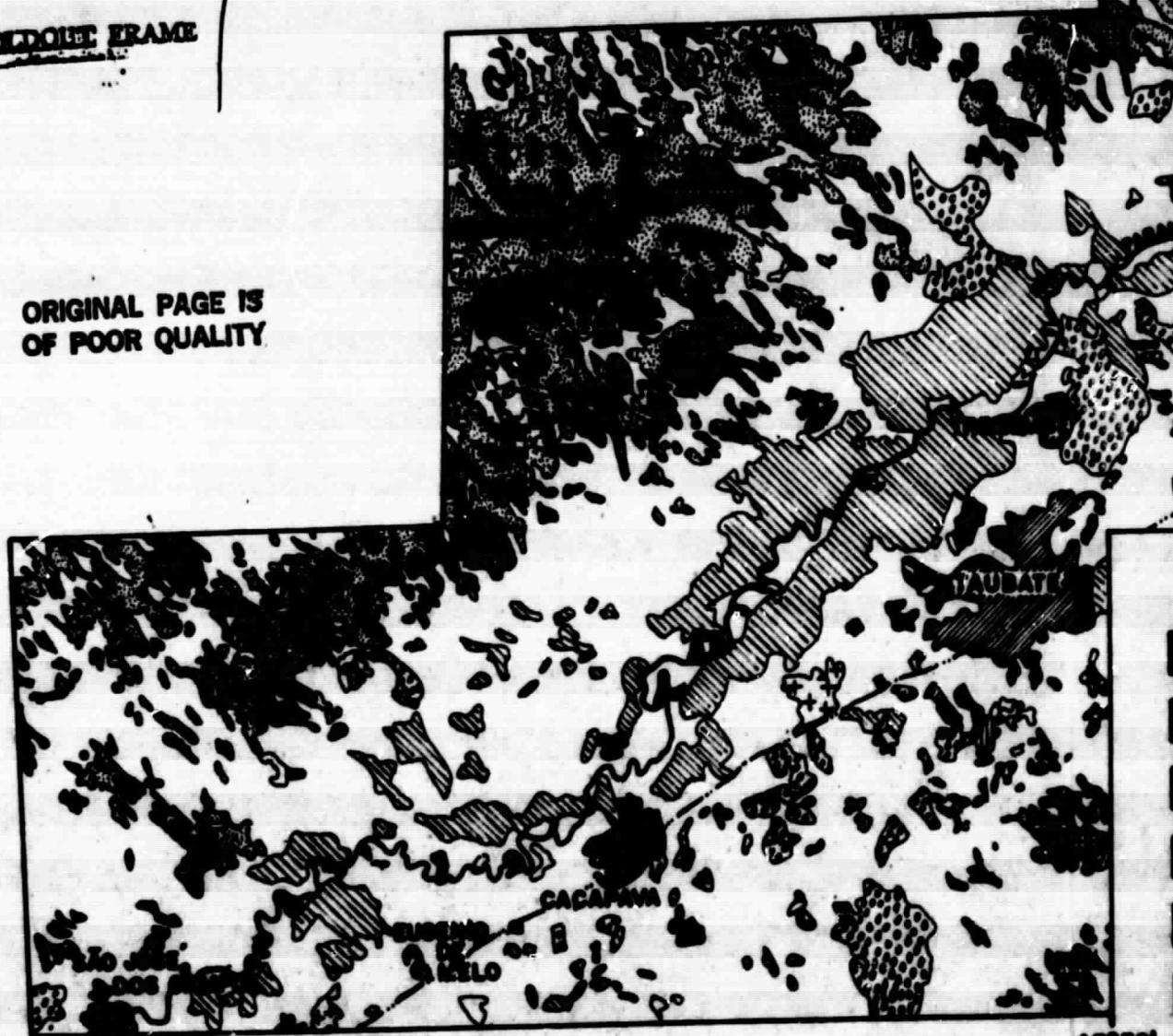
A classe área cultivada encontra-se, em sua maior parte, localizada na várzea do rio Paraíba, correspondendo a uma faixa em torno de 10 km ao longo do rio. Observa-se, também, que próximo às cidades de Taubaté e Tremembé concentra-se maior extensão de área cultivada. Já em direção a São José dos Campos verifica-se que a várzea apresenta considerável área já ocupada por pastagens, tendência esta observada durante o trabalho de campo. Com a escassez de mão de obra e aumento do custo da produção agrícola, os proprietários tendem a diminuir a área dedicada às culturas, para aproveitá-la com pastagens ou mesmo para loteamentos industriais ou urbanos. Ocorrem, também, pequenas áreas de ocupação por culturas na região montanhosa.

CNPq - INPE

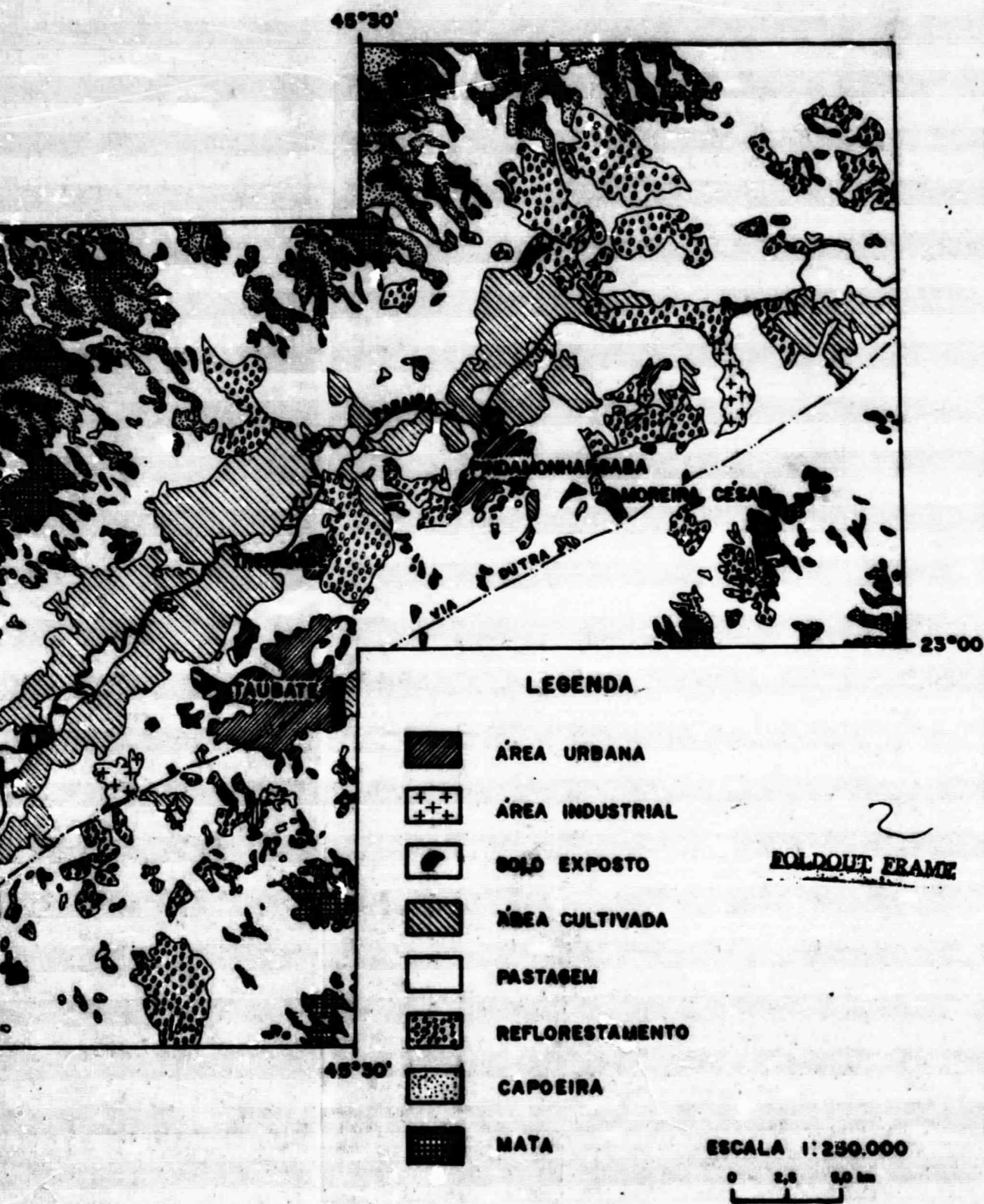
45°30'

DOUBLE FRAME

ORIGINAL PAGE IS
OF POOR QUALITY



45°30'



RA DA ÁREA TESTE TAUBATÉ (1977)

Através da análise da Figura III.6 verifica-se que o uso da terra dominante é a pastagem tanto nas áreas planas das várzeas, como nas áreas montanhosas.

O mapeamento das classes de uso da terra, da Figura III.6, foi influenciado pelos diferentes tipos de relevo existentes na área de estudo.

Na área de topografia mais plana (Bacia Terciária de Taubatê), que pode ser observada na Figura III.7, não houve muita dificuldade na separação das diferentes classes de uso da terra analisadas. As maiores dificuldades foram encontradas no mapeamento das áreas agrícolas. Estas áreas apresentam grandes variações de tons de cinza, numa gradação de preto ao cinza mais claro, em ambos os canais analisados. Estas variações podem ser associadas aos diferentes estágios de crescimento das plantas e aos sistemas de plantio. De modo geral, na área em estudo, a agricultura se baseia na cultura de arroz, no período chuvoso, e na cultura da batata ou feijão, no período mais seco. Estas culturas se localizam na várzea do rio Paraíba e se caracterizam, em geral, pelo tamanho pequeno das parcelas em decorrência da dimensão da várzea em que se alojam, como está demonstrado nas Tabelas III.6 e III.7, confeccionadas a partir de dados de campo, obtidos na área teste Taubatê.

Pela análise das Tabelas III.6 e III.7 observa-se que mais de 50% das propriedades amostradas possuem área inferior a 500 ha e concentram apenas 21,6% da área total da amostra, demonstrando a grande fragmentação das áreas cultivadas. A sistemática de cultivo na várzea varia em função do tamanho da propriedade e da tecnologia disponível. Nas pequenas propriedades, menores que 100 hectares, toda área de várzea da fazenda é ocupada pelo arroz, no verão, e parte dela pela batata, no período mais seco. Neste caso, a época de preparo da terra para o plantio de arroz é determinada pela colheita da batata, que por sua vez fica dependente da disponibilidade e quantidade de mão-de-obra.

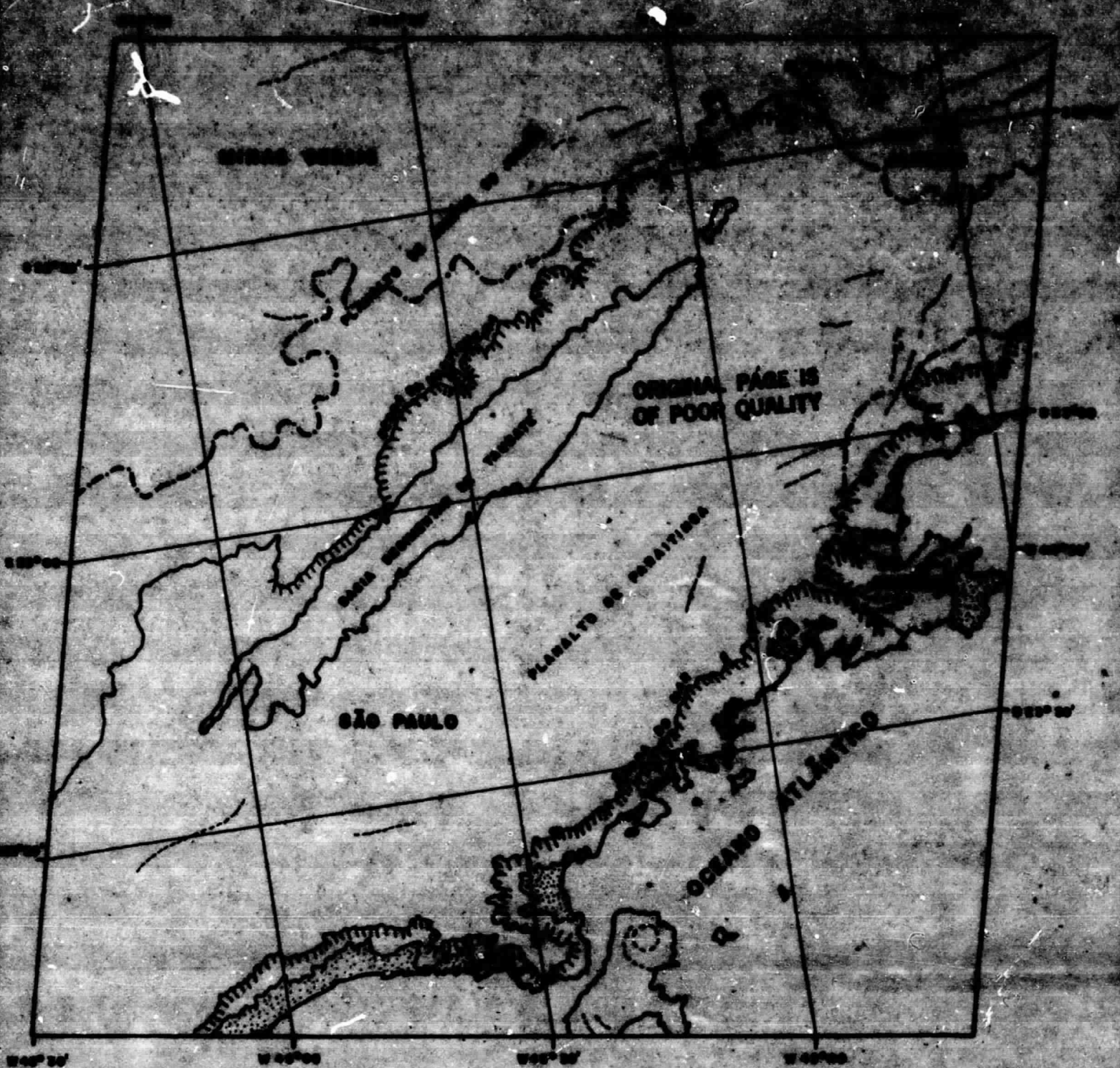


FIG. III.7 - ESKOÇO DE UNIDADES DE RELEVO DO VALE DO PARAIBA

ESCALA: 1:1.000.000

10 0 10 20 30 Km

LEGENDA





-  PLÂNCIE COSTEIRA
-  CRISTAS
-  RUPTURA DE DECLIVE
-  LIMITE INTERESTADUAL

TABELA III.6

DISTRIBUIÇÃO DAS PROPRIEDADES POR TAMANHO

CLASSES	FREQUÊNCIA ABSOLUTA	FREQUÊNCIA RELATIVA
< 50 ha	5	13,00
50 + 100 ha	5	13,00
100 + 150 ha	7	43,00
500 + 1.000 ha	8	21,00
> 1.000 ha	3	10,00

TABELA III.7

CONCENTRAÇÃO DAS TERRAS POR CLASSES DE TAMANHO

CLASSES	ÁREA (ha)	PORCENTAGEM
< 50 ha	111	0,50
50 + 100 ha	363	1,63
100 + 1.500 ha	4.797	21,60
500 + 1.000 ha	5.785	26,05
> 1.000 ha	11.154	50,22

Nas grandes propriedades existe um sistema de rotação de terras, na várzea, anualmente. Desta forma, apenas parte da área agricultável é cultivada durante o ano, permanecendo o restante em pousio. Dependendo dos recursos da propriedade, a área em pousio pode ser utilizada como pastagem tornando-se, portanto, difícil a classificação do uso da terra, pois é praticamente impossível separar uma área de pastagem, na várzea, de áreas de pousio.

Além dos fatos anteriormente mencionados, existem outros fatores que podem influenciar na resposta espectral das áreas cultivadas. O sistema de cultivo, ou seja, a forma pela qual se planta o arroz também varia. Existem propriedades em que o arroz é plantado em semente sem que haja necessidade de inundação da várzea. Em outras propriedades, o arroz é plantado com mudas e há necessidade de se inundar o terreno para o nivelamento da terra.

Assim sendo, enquanto uma parcela da propriedade está sendo arada, outra está sendo nivelada com água, outra já foi plantada e o arroz já está germinando. Além disso, na área de solo preparado e mesmo na área ocupada por culturas, a resposta espectral daquelas culturas é afetada pelas variações dos tipos de solo e teor de umidade existentes na região. O efeito do solo sobre a resposta dos tipos de uso da terra foi considerado no trabalho de Westin e Lemme (1978). Portanto, numa imagem de um dado período, uma única cultura apresenta as mais diferentes respostas espectrais. Isto já havia sido salientado por Howard e Mac Nair (1973). Ao estudarem problemas de reconhecimento de arroz concluíram que há uma mudança rápida de sua assinatura espectral à medida em que a cultura se desenvolve.

Na área de relevo montanhoso, entretanto, encontrou-se dificuldade na delimitação das classes área cultivada, pastagem, reflorestamento e mata.

Nesta região, houve dificuldade na separação de pequenas áreas agrícolas que ocorrem nos vales férteis ou nas encostas e alvéolos.

Tratam-se de culturas anuais como milho, mandioca e forragens para o gado. Estas culturas caracterizam-se pela grande mobilidade espacial em função do sistema de rotação de terras.

Outro aspecto a ser considerado é o fato das áreas reforestadas não apresentarem formas regulares, neste tipo de relevo, confundindo-se, portanto, com a classe mata.

Ainda na área de relevo montanhoso, o efeito do sombreamento das vertentes influenciou na delimitação da classe mata, verificando-se erros de inclusão, quando áreas sombreadas foram mapeadas na classe mata.

As áreas com rebrota de vegetação, capoeiras e pasto sujo, embora não se encaixem em nenhuma das classes analisadas, foram classificadas como mata, quando foram consideradas apenas as imagens LANDSAT nos canais 5 e 7. Este problema, entretanto, foi contornado através da realização de uma verificação de campo na área de estudo.

A área ocupada pelas diferentes classes de uso da terra na área teste (com controle fotográfico), incluindo parte dos municípios de São José dos Campos, Caçapava, Taubaté e Pindamonhangaba pode ser vista na Tabela III.8. Através de sua análise, pode-se observar que 68% da área é ocupada por pastagem.

A classe área cultivada representa 17,94%, demonstrando que mesmo nas áreas de topografia mais favorável ao cultivo (várzea e colina) há o domínio da atividade pecuária. Nas propriedades analisadas durante o trabalho de campo, pôde-se observar que 60% delas possuem mais do que 50% de sua área ocupada por pastagens (Tabela III.9).

Pela análise da Tabela III.9 observa-se que 8% das propriedades dedicam mais de 50% de sua área à atividade de reforestamento e 12% ocupam mais de 50% de sua área com culturas, demonstrando, portanto, que a região está orientada, sensivelmente, para a atividade pecuária.

TABELA III.8

ÁREA OCUPADA PELAS DIFERENTES CLASSES DE USO DA TERRA, OBTIDAS
PELA INTERPRETAÇÃO VISUAL DE IMAGENS LANDSAT

CLASSES DE USO DA TERRA	% DE ÁREA OCUPADA
Área urbana edificada	4,02
Área industrial	0,93
Solo exposto	0,23
Área cultivada	17,94
Reflorestamento	7,89
Pastagem	68,00
Mata	0,53
Não classificadas	0,56

TABELA III.9

ORIENTAÇÃO DA ATIVIDADE AGRÍCOLA

INTENSIDADE DE USO DA TERRA	FREQUÊNCIA ABSOLUTA	FREQUÊNCIA RELATIVA
Propriedade com mais de 50% de área cultivada	3	12%
Propriedade com mais de 50% de reflorestamento	2	8%
Propriedade com mais de 50% de pastagem	5	60%
Propriedades não classificadas	3	12%
Propriedades com usos diversi- ficados	2	8%

Através dos dados de campo verificou-se que da área cultivada, 67% é ocupada pela rizicultura e o restante se distribui entre as culturas do milho, mandioca, batata, feijão, cana e café. Estima-se que o café, nesta região estudada, atualmente representa apenas 4% da área cultivada.

A cultura do arroz, na região, apresenta uma produtividade de muito baixa, refletindo o esgotamento dos solos e a necessidade de maior investimento na recuperação dos mesmos. O rendimento médio do arroz, na várzea do Paraíba, é de 50 sacos de 60 kg por hectare, investindo-se, para isto, em média, uma tonelada de adubo por hectare. São ainda investidos, na cultura de arroz, recursos em herbicidas, que determinam uma grande ameaça aos recursos hídricos da região.

No caso do café tem-se um rendimento médio, na região, de 20 sacos de 60 kg por hectare.

Na área em estudo existe apenas 7,89% de área reflorestada, estando localizada na várzea e nas colinas terciárias.

Os usos não agrícolas como área urbana, indústria e solo exposto perfazem 5% da área analisada.

Quanto à mata, descrita por Saint-Hilaire (1974), ela se limita apenas a pequenas manchas ao longo do rio Paraíba, perfazendo um total de 0,53%.

c) Análise da precisão de classificação.

Para avaliar a precisão de classificação, foram comparados os valores de área ocupada pelas diferentes classes, obtidas através da interpretação visual da imagem e também através do mapa na escala de 1:50.000 (Cetesb, 1979), (Tabela III.10).

TABELA III.10

COMPARAÇÃO DA PORCENTAGEM DE USOS DA TERRA OBTIDOS EM IMAGENS
LANDSAT E FOTOGRAFIAS AÉREAS

CLASSES DE USO DA TERRA	ÁREA OCUPA DA NA FOTO (KM ²)	ÁREA OCUPA DA NA IMAGEM (KM ²)	DIFERENÇA EM MÓDULO (KM ²)	DIFERENÇA (%)
Área industrial	3,25	7,25	4,00	123,00
Solo exposto	4,29	1,79	2,50	58,27
Área cultivada	243,30	139,93	103,37	42,48
Pastagem	394,23	530,40	136,17	34,54
Reflorestamento	75,76	61,54	14,22	18,76
Mata	23,70	4,13	19,57	82,50

Pela análise da Tabela III.10 verifica-se que os dados obtidos a partir de imagens LANDSAT tendem a subestimar as classes solo exposto, área cultivada, reflorestamento e mata. Em compensação, a classe indústria foi superestimada em 0,52% e a classe pastagem em 19%.

A classe área urbana não foi analisada devido à dificuldade de se obter um limite preciso para estas áreas, no mapa obtido a partir de fotografias aéreas.

A classe indústria, embora tenha apresentado um pequeno erro em relação à área total, teve este erro extremamente aumentado, quando se considerou apenas a área da classe. Este erro (123%) pode ser explicado pelo fato desta classe ter pequena expressão espacial, podendo, também, se confundir com áreas urbanas e de solo exposto.

A grande diferença entre a área cultivada, mapeada com base em imagens, e aquela mapeada com fotografias, na escala de 1:50.000 (Cetesb, 1979).

pode ser explicada pelo fato de que fora da várzea do rio Paraíba, os campos agrícolas são descontínuos e de dimensão pequena, em geral oscilando entre 0,5 e 1 hectare. Além disso, as várzeas dos afluentes do rio Paraíba, que são ocupadas por áreas cultivadas, não são mapeáveis na escala 1:250.000. Desta forma, as áreas de cultura da região de colinas terciárias foram mapeadas como pastagem que é o uso de maior expressão em área. Assim, se for considerada apenas a classe área cultivada, verifica-se, pela análise da Tabela III.10, uma diferença de 42,48%, na área ocupada por ela, visto que, foram omitidas as culturas da região de colinas terciárias.

A classe pastagem apresentou 34,54% de erro, uma vez que ela foi superestimada na imagem LANDSAT, pois na área de colinas terciárias, as culturas de encosta e fundo de vale, não identificadas, foram computadas nesta classe.

A classe reflorestamento apresentou uma diferença de 14,22 km² para menos, no mapeamento obtido através de imagens LANDSAT, quando comparada com os dados obtidos através de fotografias aéreas. Em relação às demais classes mapeadas apresentou o menor erro (18,76%), pois sua ocorrência no espaço se caracterizou por extensões em áreas relativamente grandes, geralmente superiores a 2 km², mais facilmente identificadas nas imagens LANDSAT. Além disso, as áreas de reflorestamento, se caracterizam, em geral, por forma regular e presença de aceiros e arruamentos entre os talhões. Mesmo assim, esta classe muitas vezes é confundida com mata e área cultivada, quando ocorre na várzea.

A classe mata em relação à área total apresentou uma diferença de 19,57 km², o que equivale a um erro da ordem de 82,5%. Isto ocorre porque pequenas manchas de mata galeria junto ao rio Paraíba e em algumas encostas não são mapeáveis, devido à escala e ao efeito de sombreamento. Além disso, em algumas situações, a classe mata pode ser confundida com a classe reflorestamento, principalmente quando ocorre em manchas de forma geométrica definida. Apresenta um erro de omissão em termos relativos bastante grande devido a sua pequena expressão em área.

As porcentagens de classificação correta, de cada classe, obtidas com a análise das imagens LANDSAT foram em geral baixas, apresentando, em média, 58,18% de erro, para todas as classes. Este resultado, quando comparado com os obtidos por Mendonça (1980), é relativamente baixo. Entretanto, o método de avaliação da porcentagem de classificação correta utilizado por aquele autor caracterizou-se por atribuir um peso a estratos com diferentes concentrações de cultura de cana. Quando ocorre mais de uma classe de uso do solo, numa dada região, torna-se difícil ponderar o erro com a concentração da classe no espaço, visto que o mapa final deve conter todas as classes de interesse.

A análise dos resultados obtidos por Mendonça (1980) demonstrou que os segmentos com maior concentração da classe cana apresentaram uma maior porcentagem de classificação correta, no período em que esta cultura pode ser confundida espectralmente com a classe pastagem.

De modo a solucionar o problema da classificação correta, neste trabalho decidiu-se pela modificação da legenda. Assim sendo, a classe pastagem, por exemplo, representa áreas em que o uso predominante é pastagem.

d) Mapa de Uso da Terra no Vale do Paraíba.

Considerando-se os problemas anteriormente discutidos, fez-se a opção de uma legenda com um significado diferente do proposto no início da realização do trabalho. As classes mapeadas foram área urbana, área industrial, solo exposto, área cultivada, pastagem, reflorestamento e mata, evidenciadas na Figura III.8.

A classe urbana e edificada corresponde às cidades e bairros rurais de maior extensão em área. Esta classe, entretanto, foi subestimada, devido a dificuldade de se estabelecer um limite preciso entre as áreas edificadas em expansão e as pastagens adjacentes.

As áreas industriais foram superestimadas, nas imagens LANDSAT, pois se confundem com áreas de solo exposto. Esta classe só pode ser identificada visualmente se houver um intenso controle de campo para definir as manchas claras com formato regular, como indústrias.

A classe solo exposto representa áreas de solo nu como terraplenagem ou áreas de loteamentos junto às cidades. Esta classe foi subestimada, no mapeamento através de imagens LANDSAT, devido a sua extensão. Sua identificação foi possível apenas quando havia grande contraste tonal entre os alvos adjacentes caracterizando-se por tons de cinza bem claros, no canal 5.

A classe solo exposto pode ser confundida com áreas urbanas e áreas em que estão sendo edificadas as indústrias.

A classe área cultivada caracteriza-se pela maior concentração ao longo do rio Paraíba, principalmente no trecho compreendido entre Caçapava e Pindamonhangaba (Figura III.8). Isto já foi salientado por Long (1953) num trabalho de levantamento de uso da terra no Vale do Paraíba, realizado no início da década de 50, através de utilização de dados de estatísticas oficiais e trabalho de campo. Conforme aquele autor, o município de Taubaté possuía 12% de sua área ocupada por culturas, Pindamonhangaba 11,3% e Caçapava 9,6%. Observou, também, que aqueles municípios possuíam grandes áreas de planície inundável. A quantidade de terra cultivada por município está intimamente ligada à natureza do relevo aí existente. Por exemplo, o município de Silveiras, localizado na área montanhosa, apresentava, em 1950, apenas 2,7% de área de cultura e Piquete apenas 1,2%. Pelos resultados obtidos, em imagem, para o ano de 1977 parece que estas tendências se mantiveram. Ainda segundo o autor, embora as terras cultivadas estejam muito espalhadas dentro do Vale Médio do Paraíba, a maior parte da região destinada à produção agrícola encontra-se localizada nas colinas terciárias e nas planícies inundáveis do rio Paraíba e de seus tributários.

Nas vertentes mais altas das montanhas pouca terra é dedicada para fins agrícolas. A classe área cultivada apresentou bastante dificuldade para o seu mapeamento, mesmo na área de várzea onde aparece em parcelas maiores. Devido às diferenças da época de plantio, na várzea, e às diferentes práticas agrícolas utilizadas, esta classe apresenta uma grande diversidade de padrões de tonalidade. A diversificação, na região, tanto com respeito às culturas como aos métodos empregados na produção agrícola, é uma característica do Vale do Paraíba que persiste desde a década de 50, conforme já foi salientado por Long (1953). A Figura III.9 ilustra a influência do sistema de plantio na resposta espectral da área cultivada. O sistema de plantio através de mudas requer a prática da inundação para nivelamento dos campos de cultivo. Assim sendo, a partir do mês de julho, as quadras vão sendo inundadas para o preparo da terra e cultivadas sucessivamente. Pela análise da Figura III.9, pode-se verificar conjuntamente áreas alagadas e regiões já plantadas. Mas, este sistema de plantio não é o dominante na várzea do Paraíba, existindo, também, áreas que são plantadas com sementes, em que não ocorre inundação na época do plantio como mostra a Figura III.10. Neste caso, a área só será irrigada quando o arroz estiver com uma altura de 30 cm.

Outro aspecto que dificulta o mapeamento da área cultivada é a sua pequena dimensão, evidenciada na Figura III.11. A dispersão das áreas cultivadas em pequenas parcelas dentro do Vale Médio do Paraíba já havia sido observada por Long (1953) e relacionada à natureza de sinal do terreno e às variações dos tipos de solo. Os dados coletados pelo autor mostraram que o tamanho médio das parcelas variava entre 0,2 km² a 0,4 km².

A área cultivada também encontra-se sobreposta por outros usos como pastagem, reflorestamento e mata.

ORIGINAL PAGE
BLACK AND WHITE PHOTOGRAPH



Fig. III.9 - Exemplo de sistemas de plantio no Vale do Paraíba -
plantio de muda.

ORIGINAL PAGE
BLACK AND WHITE PHOTOGRAPH



Fig. III.10 - Exemplo de sistemas de plantio no Vale do Paraíba - plantio com semente.

ORIGINAL PAGE
BLACK AND WHITE PHOTOGRAPH



Fig. III.11 - Parcelas de áreas cultivadas no Vale do Paraíba.

A variação no teor de umidade e cor dos solos é outro fator que afeta a resposta da classe área cultivada. As áreas de solo preparado apresentam diferenças de tonalidade, no canal 5, em função do tipo de solo. O teor de umidade e o sistema de cultivo influenciam a resposta destas áreas, no canal 7. As áreas cultivadas por mudas são mais facilmente mapeadas do que as áreas de plantio por semente porque são inundadas na fase de preparo da terra.

Para o levantamento das áreas cultivadas na região de colinas e de serras, utiliza-se, principalmente, o canal 5, pois nesta faixa espectral elas se caracterizam por tonalidade cinza claro. Mesmo assim, nestas regiões, esta classe foi subestimada, pois culturas que se localizam nas encostas e fundo de vales não são identificadas, nas imagens LANDSAT (Figura III.12).



Fig. III.12 - Localização das culturas nas encostas e vales.

A Figura III.12 mostra campos preparados para cultura na encosta, que no horário da passagem do satélite não é iluminada pelo sol. Estes campos foram fotografados por volta das 16:00 horas e apenas neste período as encostas recebem insolação. Pela manhã, a vertente oposta é iluminada. Na imagem de satélite esta vertente seria afetada pelo efeito de sombreamento, não se podendo detectar as áreas de cultura.

As áreas cultivadas que se localizam no fundo dos vales não são identificáveis, devido a sua pequena dimensão, quando se considera a resolução do sistema LANDSAT.

A classe pastagem inclui tanto áreas de pastagens cultivadas como naturais. É a classe de maior extensão em área e apresenta grande variedade de padrões de cinza, no canal 5, todos eles, entretanto, variando em torno de níveis médios, tornando difícil a separação de diferentes tipos de pastagens ou seja pastagem melhorada, pasto sujo, pasto degradado. Por exemplo, existem pastos invadidos pelo capim-barba-de-bode (ARISTIDA PALLENS), que apresentam tonalidades mais claras que as áreas adjacentes (Figura III.13), resultando numa resposta espectral diferente das demais áreas ocupadas por pastagem.

Existem ainda diferenças entre os pastos da várzea e os da área de colinas. Em geral, os pastos da várzea são cultivados e podem ser confundidos com áreas agrícolas.

Na região de colinas ocorrem, também, áreas com pastos cultivados. Em geral, a gramínea utilizada é a BRACHIÁRIA DECUMBENS (Figura III.14 e III.15).

Como pode ser observado nas Figuras III.14 e 15, os pastos cultivados caracterizam-se por uma cobertura homogênea de gramíneas, determinando uma textura mais homogênea na imagem do canal 5 e tonalidades mais escuras, neste canal.

ORIGINAL PAGE
BLACK AND WHITE PHOTOGRAPH



Fig. III.13 - Exemplo de pastagem envadida pelo capim "barba-de-bode".



Fig. III.14 - Pastagem cultivada na região das colinas.



Fig. III.15 - Exemplo de pastagem cultivada na região das colinas.

Os pastos degradados que ocorrem na região de montanhas são recobertos pela grama batatais e pelo capim gordura apresentando, entretanto, extensas manchas de solo exposto, onde a densidade de cobertura é mais baixa, determinando níveis de cinza mais claros, no canal 5 (Figura III.16).

Existem ainda pastos naturais com grande número de invasores de porte herbáceo ou arbustivo como pode ser observado na Figura III.17. Isto determina a ocorrência de tons de cinza médios no canal 5.



Fig. III.16 - Pastagem degradada.



Fig. III.17 - Pastagem com invasores.

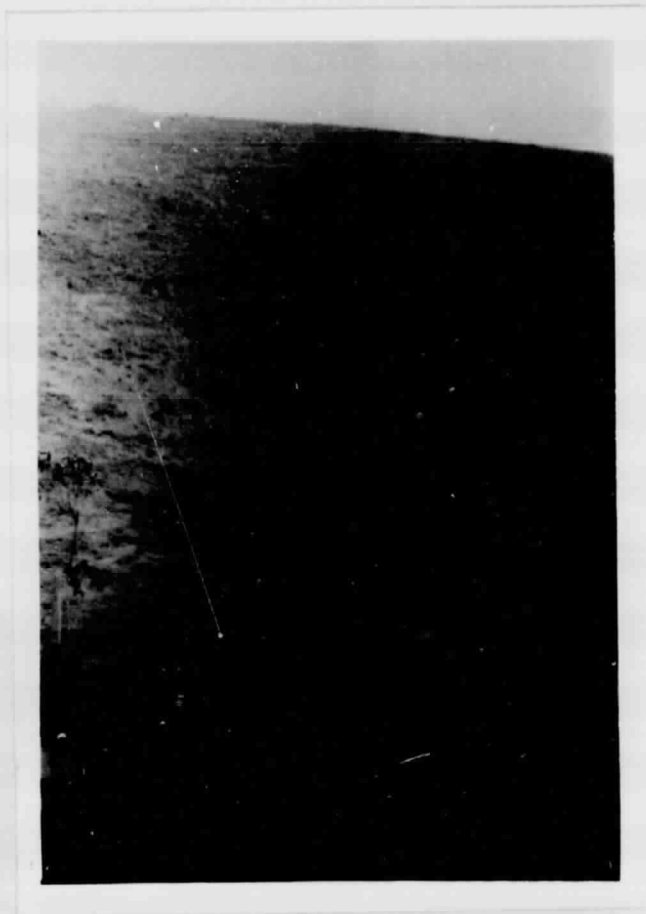


Fig. III.16 - Pastagem degradada.



Fig. III.17 - Pastagem com invasores.

ORIGINAL PAGE
BLACK AND WHITE PHOTOGRAPH



Fig. III.18 - Efeito da topografia na discriminação entre reflorestamento e mata.

Embora a metodologia utilizada para a confecção dos diferentes mapas não seja exatamente a mesma, os resultados podem ser comparados.

A Tabela III 11 apresenta a porcentagem relativa, ocupada pelas diferentes classes de uso da terra, nos anos de 1973 e 1977.

A classe área urbana e edificada praticamente dobrou em termos de área nos períodos analisados. Isto se explica pelo fato desta região estar localizada entre as duas maiores cidades do Brasil, Rio de Janeiro e São Paulo, servindo de corredor de circulação entre estes dois centros, e sofrendo, portanto, um intenso processo de industrialização e urbanização.

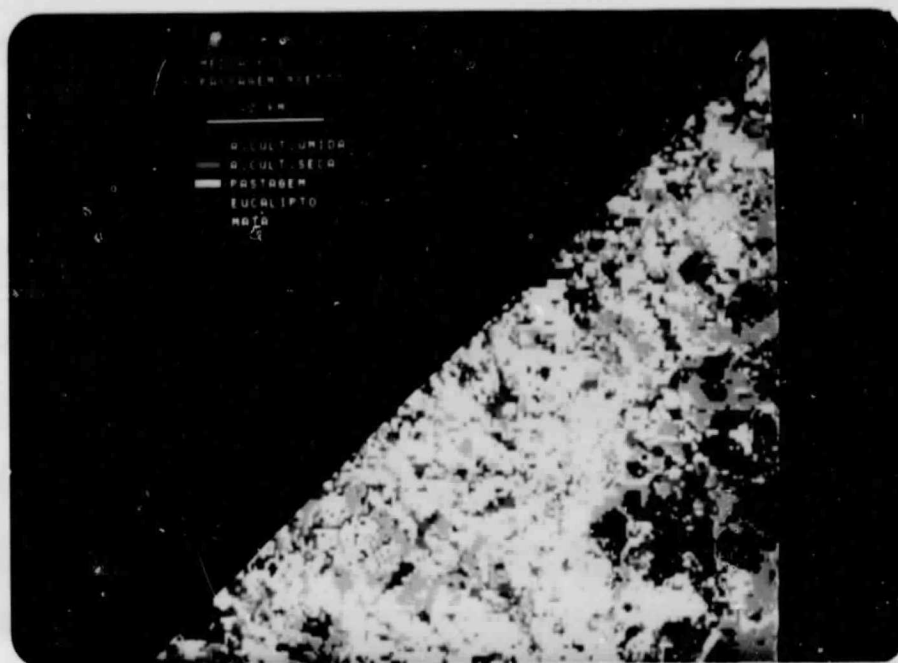


Fig. III.19 - Classes de uso da terra no Vale do Paraíba, obtidas através da utilização do algoritmo "Máxima Verossimilhança" (módulo 1).

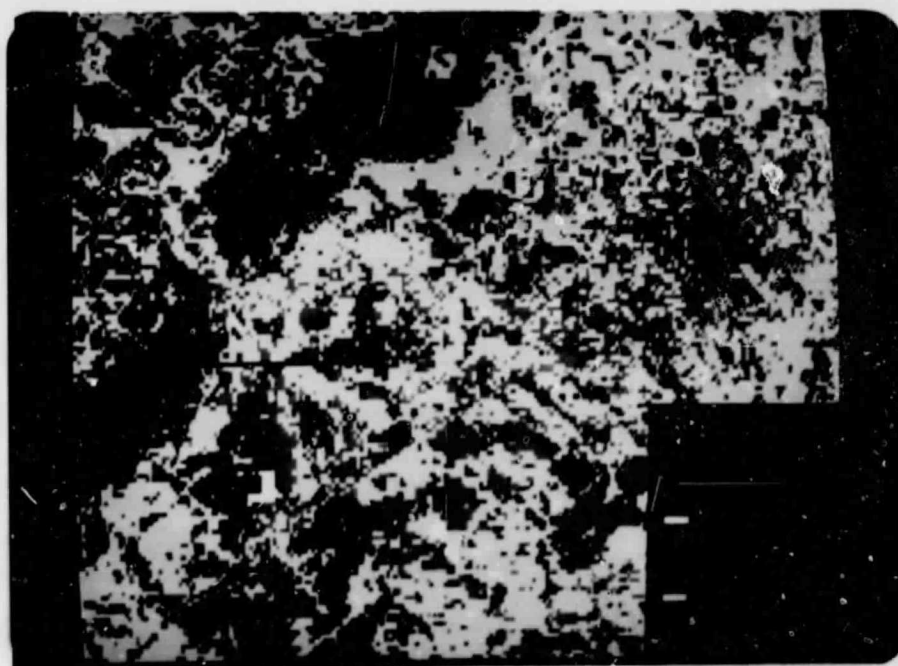


Fig. III.20 - Classes de uso da terra do Vale do Paraíba, obtidas através da utilização do algoritmo "Máxima Verossimilhança" (módulo 4).

A industrialização no Vale do Paraíba, segundo informações coletadas no campo, tem criado problemas devido à utilização de rios para evasão de dejetos industriais.

A classe solo exposto sofreu um decréscimo em área no período considerado, pois diversas áreas de solo exposto terraplenadas em 1973 encontravam-se ocupadas por indústrias em 1977.

Observa-se pela análise da Tabela III.11, que na área teste Taubaté houve um aumento de 4,84% na área dedicada à agricultura. Este dado vem de encontro às tendências atuais verificadas na região do Vale do Paraíba durante o trabalho de campo. As pesquisas junto aos proprietários demonstraram uma tendência da diminuição da área cultivada em favor de pastagem, áreas industriais e urbanas.

Esta aparente contradição, entretanto, pode ser explicada pela posição que a área teste Taubaté ocupa no Vale do Paraíba. Ela se localiza no trecho em que a várzea do Paraíba atinge sua maior extensão lateral. Este trecho, a partir de 1968, tem sofrido um processo de regularização do curso do rio Paraíba, resultando em aumento da área disponível para a agricultura. Segundo Long (1953), na década de 50, grande parte da planície inundável permanecia sem ser utilizada. São regiões melhoradas por canais ou, algumas vezes, pela construção de diques de terra, eram cultivadas. Estas regiões não eram contínuas ao longo do rio, mas frequentemente interrompidas por capinzais pantanosos, vegetação rasteira e meandros abandonados.

A classe pastagem diminuiu em área nos períodos analisados, como pode ser visto na Tabela III.11. Esta diminuição pode ser explicada pelo aumento das áreas dedicadas ao reflorestamento, indústria, área urbana edificada e capoeira.

As áreas reflorestadas sofreram um crescimento de 2,63% de 1973 a 1977. Este crescimento pode explicar, em parte, o decréscimo das áreas utilizadas para pastagem (Tabela III.11). As áreas com reflo

restamento ocupam tanto a várzea quanto os terrenos de colinas e montanhas. É na área de colinas, entretanto, que aparece com maior continuidade. Geralmente, estão associados à presença de indústrias de celulose, responsáveis pela sua implantação e aproveitamento.

A classe mata, em 1973, ocupava 14,29% da área teste. O mapa de uso da terra desta data não apresenta uma discriminação entre mata propriamente dita e capoeira, devido à defasagem entre a época da tomada da foto e o trabalho de campo. Em 1977, foi feita a discriminação entre mata e capoeira, sendo que de mata propriamente dita tem-se 7,7% da área e de capoeira 9,69% da área. Se for admitido que a classe mata em 1973 representa tanto mata quanto capoeira, não se pode considerar que ocorreu um aumento da área ocupada por estes dois tipos de cobertura em 1977. Entretanto, se for considerado que houve uma diminuição da área dedicada à pastagem, nos períodos analisados, pode-se admitir que o crescimento da classe mata/capoeira se deve ao aumento das áreas ocupadas por capoeira. Isto pode ser observado no campo e associado a algumas áreas de pastagens abandonadas em que está ocorrendo a regeneração da vegetação natural.

3.2 - INTERPRETAÇÃO AUTOMÁTICA DE DADOS

As classes de uso da terra obtidas através de interpretação automática foram baseadas naquelas utilizadas na interpretação visual. Somente as classes área urbana, área cultivada e pastagem foram subdivididas. A classe área cultivada 1 (úmida) foi separada da área cultivada 2 (seca), devido à baixa reflectância da umidade na faixa do infravermelho (Figuras III.19 e III.20).

A área urbana apresenta diferença de comportamento espectral, quando se compara o centro (urbana 1) com a periferia (urbana 2) da cidade. Na área central, com maior densidade de edificações, as tonalidades de cinza são mais escuras, nos quatro canais, se comparadas à periferia da cidade com menor concentração e ocorrência de terrenos desocupados (solo exposto).

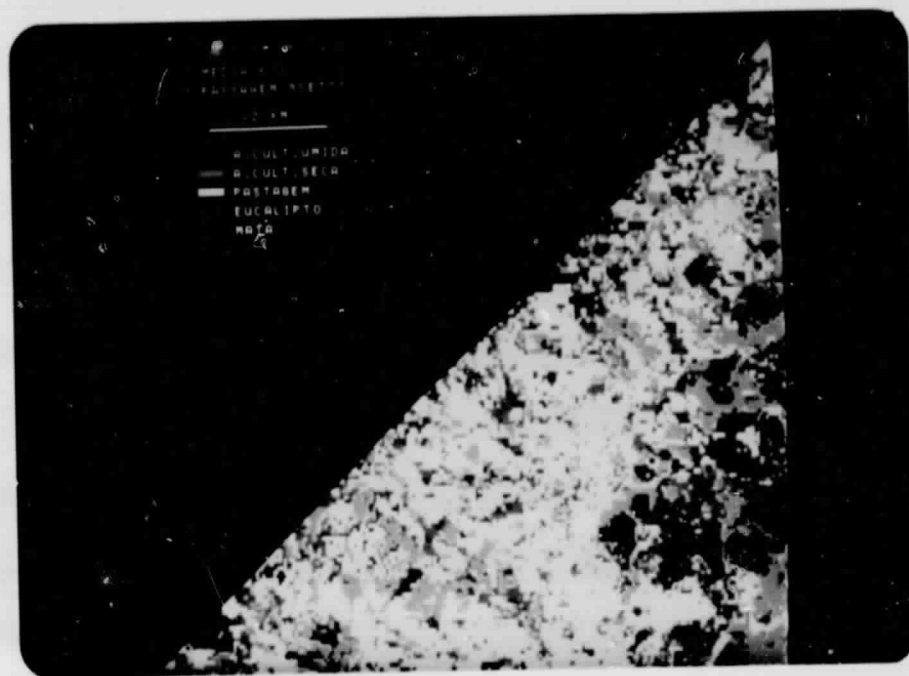


Fig. III.19 - Classes de uso da terra no Vale do Paraíba, obtidas através da utilização do algoritmo "Máxima Verossimilhança" (módulo 1).

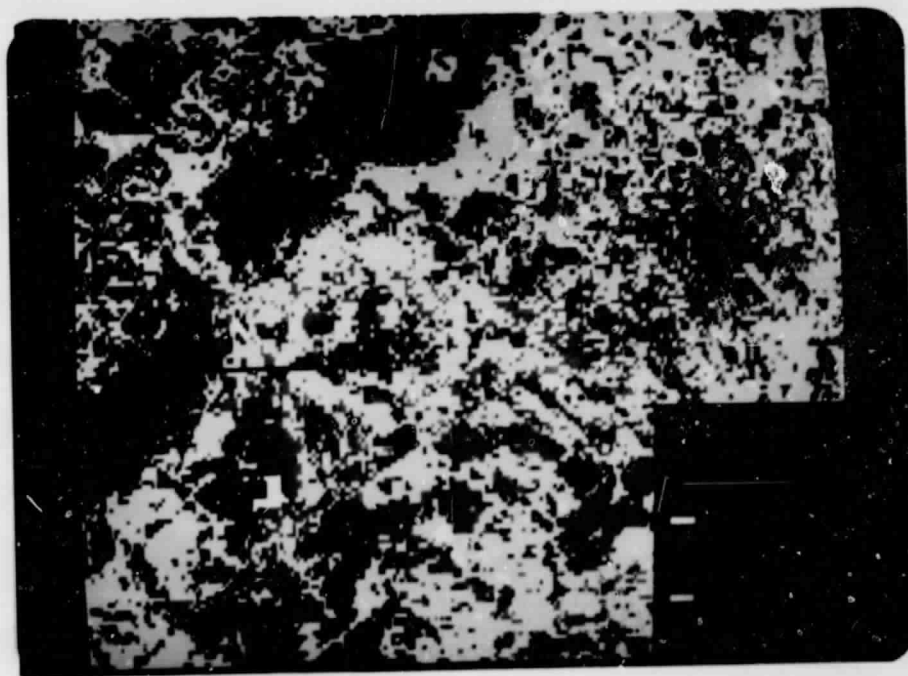


Fig. III.20 - Classes de uso da terra do Vale do Paraíba, obtidas através da utilização do algoritmo "Máxima Verossimilhança" (módulo 4).

A classe pastagem foi subdividida em pastagem 1 (cobertura rala) e 2 (cobertura densa).

Analisando-se as Tabelas III.12 e III.13, pode-se observar que existe superposição de algumas classes como solo exposto e área cultivada. As classes solo exposto e área cultivada seca têm suas reflectâncias semelhantes nos 4 canais analisados.

Tanto a área cultivada úmida como a seca apresentam respostas semelhantes em quase todos os canais espectrais, com uma diminuição da reflectância no canal 7, nas áreas mais úmidas. Esta similaridade espectral pode ser explicada pelo mesmo tipo de ocupação do solo. A área cultivada 1, entretanto é mais úmida, apresentando menor reflectância, no canal 7, se comparada com a área cultivada 2. A área cultivada úmida apresenta maior reflectância na faixa do visível, correspondendo ao canal 5. A área cultivada seca apresenta maior reflectância no canal 6. Estas áreas agrupadas gerariam problemas classificatórios.

A classe pastagem apresentou superposição com a classe área cultivada 2. Estas áreas apresentam reflectâncias semelhantes nos canais 4 e 5. Isto pode ser explicado pelo fato destas áreas de pastagem possuírem baixa densidade de cobertura do solo, gerando resposta espectral semelhante com as áreas cultivadas que possuem solo pouco úmido.

A classe reflorestamento apresentou superposição com a classe área cultivada 2, pastagem e mata. Sua maior superposição, entretanto, foi com a classe mata. Estas áreas apresentam grande semelhança espectral em todos os canais do sistema LANDSAT. As tonalidades mais claras no canal 7 correspondem a uma cobertura vegetal densa. Estas áreas, portanto, são dificilmente separáveis, quando se analisa somente a variável tons de cinza. A maior reflectância apresentada por estas classes é no canal 6.

TABELA III.12

DISTRIBUIÇÃO DE PIXELS NA CLASSIFICAÇÃO AUTOMÁTICA (MÓDULO 1)

CLASSES	SOLO EX POSTO	ÁREA CUL- TIVADA 1	ÁREA CUL- TIVADA 2	PASTAGEM	REFLORESTA- MENTO	MATA	NÃO CLASSI- FICADOS
Solo exposto	55	0	20	0	0	0	21
Área cultivada 1	0	221	66	0	0	0	1
Área cultivada 2	0	225	1719	8	3	0	45
Pastagem	0	0	58	1623	0	0	15
Reflorestamento	0	0	2	46	642	210	60
Mata	0	0	2	8	361	491	10

Nota: As colunas indicam os "pixels" pertencentes às respectivas classes.

TABELA III.13

RESPOSTAS ESPECTRAIS DE CLASSES DE USO DA TERRA UTILIZANDO-SE
COMBINAÇÕES DE 4 CANAIS ESPECTRAIS (MÓDULO 1)

CLASSES	CANALIS MSS DO LANDSAT			
	4	5	6	7
Solo exposto	57,67	67,58	72,38	48,25
Área cultivada 1	31,00	30,21	30,58	13,40
Área cultivada 2	35,93	38,05	41,00	25,96
Pastagem	37,37	40,24	56,01	44,64
Reflorestamento	27,73	26,29	52,11	46,66
Mata	32,21	26,29	57,97	51,35

A classe mata apresentou superposição espectral com as classes área cultivada 2, pastagem e reflorestamento e como foi mencionado anteriormente a maior superposição ocorreu com a classe reflorestamento. Estas áreas apresentam alta reflectância no infravermelho.

Analisando-se a Tabela III.14, pode-se notar que em todas as classes os erros de omissão foram maiores que os erros de inclusão. As maiores porcentagens de erros de omissão ocorreram com as classes solo exposto e mata. As áreas com solos expostos são, na maior parte, parcelas em pousio. Nesta situação, os diferentes tipos de solo associados a uma variação de umidade neles contida, interferem na resposta espectral do alvo, o que dificulta a classificação correta.

A classe mata encontra-se localizada na várzea do rio Paraíba, em área de ocupação muito dinâmica, com campos de cultivo, pastagem e reflorestamento. Estas diferenças de uso, aliadas ao fator umidade do solo, interferem no padrão espectral desta classe.

TABELA III.14

ERROS DE OMISSÃO E INCLUSÃO DE CLASSES DE USO DA TERRA (MÓDULO 1)

CLASSES	ERROS (%)	
	OMISSÃO	INCLUSÃO
Solo exposto	43	4
Área cultivada 1	30	1
Área cultivada 2	15	7
Pastagem	4	2
Reflorestamento	33	6
Mata	44	8

Analisando-se a distribuição de pixels no módulo 4, verifica-se uma grande desproporção de área da classe pastagem, comparada com a classe solo exposto (Tabela III.15). Esta variação de intensidade de ocorrência das classes interfere nos resultados da classificação, devido à falta de definição de um padrão espectral característico da classe solo exposto.

A classe área urbana, como mostram as Tabelas III.15 e III.16, apresenta maior superposição com a classe pastagem. Esta situação pode ser explicada pela similaridade das áreas periféricas das cidades com pastagem, possuindo baixa densidade de cobertura do solo, apresentando alta reflectância no canal 6.

Quanto às áreas industriais, o baixo índice de "pixels" classificados corretamente, como mostra a Tabela III.15, pode ser explicado pela alta superposição, desta classe, com solo exposto e áreas urbanas. Estas áreas apresentam-se com alta reflectância na faixa do visível (canais 4 e 5).

TABELA III.15

DISTRIBUIÇÃO DE "PIXELS" NA CLASSIFICAÇÃO AUTOMÁTICA (MÓDULO 4)

CLASSES	ÁREA URBANA	ÁREA INDUSTRIAL	SOLO EXPOSTO	ÁREA CULTIVADA 1	ÁREA CULTIVADA 2	PASTAGEM	REFLORESTAMENTO	MATA	NÃO CLASSIFICADOS
Área urbana	447	105	187	0	108	606	0	3	17
Área industrial	94	100	211	0	0	17	0	0	10
Solo exposto	563	385	810	0	59	238	5	18	68
Área cultivada 1	0	0	0	3861	2013	73	78	13	132
Área cultivada 2	1256	21	6	0	2906	355	0	3	193
Pastagem	221	74	15	2	86	7041	70	299	52
Reflorestamento	0	0	0	0	0	308	1002	938	148
Mata	0	4	0	22	6	235	184	794	51

TABELA III.16

RESPOSTAS ESPECTRAIS DAS CLASSES DE USO DA TERRA, UTILIZANDO-SE
COMBINAÇÕES DE QUATRO CANAIS (MÓDULO 4)

CLASSES	CANAL MSS DO LANDSAT			
	4	5	6	7
Área urbana 1	41,41	48,10	50,64	30,79
Área urbana 2	43,90	51,65	57,18	37,04
Área industrial	63,78	78,96	81,24	54,32
Solo exposto	49,09	63,00	66,99	41,76
Área cultivada 1	38,04	41,42	42,67	25,57
Área cultivada 2	27,50	25,32	23,87	8,73
Pastagem 1	35,76	39,22	50,78	37,26
Pastagem 2	36,59	39,72	59,57	49,87
Reflorestamento	26,98	24,57	51,85	45,13
Mata	30,21	27,33	56,80	50,06

As áreas com solo exposto apresentam-se com alta reflec
tância nos canais 5 e 6. No entanto, estas áreas não possuem um padrão
espectral bem definido. Na realidade, a classe solo exposto engloba á
reas agrícolas em pousio recente, pastagens mal conservadas ou áreas ur
banas e industriais com terraplenagem. Estas características diferen
ciadas, aliadas a variedades de tipos de solo e umidade influem na res
posta espectral desta classe. Este fato pode explicar o grande erro de
omissão da classe solo exposto, pois muitos "pixels" pertencentes a es
ta classe foram classificados como área urbana e industrial.

A classe área cultivada 2 apresenta superposição com a
classe área urbana e pastagem. Tanto as áreas ocupadas com culturas de
arroz como as áreas urbanas apresentam alta reflectância nos canais 5 e

6. As áreas de pastagem, com maior concentração de biomassa vegetal, têm alta reflectância no canal 6, como é o caso da área cultivada, cuja cultura encontra-se no estágio de maturidade.

Na classe área cultivada 1, como mostra a Tabela III.17, os erros de omissão podem ser explicados pela superposição desta classe com área cultivada 2, como ocorreu no módulo 1. Apesar do fator umidade, estas classes possuem características similares, pois tratam-se de terrenos cultivados predominantemente com arroz.

TABELA III.17

ERROS DE OMISSÃO E INCLUSÃO DE CLASSES DE USO DA TERRA (MÓDULO 4)

CLASSES	ERROS (%)	
	OMISSÃO	INCLUSÃO
Área urbana	19	1
Área industrial	77	1
Solo exposto	62	4
Área cultivada 1	38	9
Área cultivada 2	39	6
Pastagem	10	3
Reflorestamento	58	4
Mata	39	1 .

Os menores erros de omissão ocorrem com a classe pastagem. Esta classe ocupa 67% da área do módulo 4, e apesar da variação de densidade de gramíneas, as pastagens apresentam-se com características espectrais definidas, com tonalidade de cinza médio nos quatro canais espectrais.

As classes reflorestamento e mata apresentam-se com grande similaridade espectral nos quatros canais, sendo difícil a separabilidade dos alvos quando se analisa somente a variável tons de cinza.

Através da análise da Tabela III.18, onde foram comparados os dados obtidos através da interpretação de fotografias aéreas convencionais com os dados digitalizados do LANDSAT, pode-se observar que em termos de área ocupada, as classes pastagem e área cultivada apresentaram menores disparidades entre dados obtidos com aeronave e LANDSAT.

TABELA III.18

PERCENTUAL DE ÁREA OCUPADA POR CLASSES DE USO DA TERRA, ATRAVÉS DE DADOS OBTIDOS POR AERONAVE E PELO LANDSAT - SETEMBRO/1977

CLASSES	ÁREA (%)			
	MÓDULO 1		MÓDULO 4	
	FOTOGRAFIAS AÉREAS	DADOS LANDSAT	AERONAVE	DADOS LANDSAT
Área urbana	-	-	20,62	11,97
Área industrial	-	-	0,58	1,85
Solo exposto	0,39	0,01	0,32	1,86
Área cultivada	24,50	24,56	22,96	19,52
Pastagem	69,07	58,38	47,36	45,74
Reflorestamento	2,22	11,84	5,61	7,74
Mata	3,82	5,21	3,35	11,32

Comparando-se os módulos 1 e 4 (Tabelas III.19 e III.20), pode-se observar que as menores variações dos dados entre as áreas analisadas, com fotografias aéreas e imagens LANDSAT, ocorreram no módulo 1. Somente a área da classe reflorestamento foi superestimada. Isto se explica pelo fato desta área apresentar pequena expressão em área, o que dificultou consideravelmente a coleta de amostras representativas desta classe. Outro aspecto é que esta classe apresenta grande variação interna, pois é formada de eucalipto antigo e eucalipto novo, que apresentam diferentes tipos de respostas espectrais nos quatro canais analisados. Assim muitos "pixels" pertencentes à classe mata foram classificados como reflorestamento, devido à similaridade espectral destes alvos. Por outro lado, no módulo 4, as maiores variações de área ocupada ocorreram com as classes área industrial, solo exposto e mata. Estas classes não apresentaram um padrão definido de resposta espectral, o que implica no resultado não satisfatório da classificação.

TABELA III.19

RESULTADOS COMPARATIVOS DE ÁREA DAS CLASSES DE USO DA TERRA, ATRAVÉS DE DADOS OBTIDOS POR AERONAVE E PELO LANDSAT, SETEMBRO/1977 (MÓDULO 1)

CLASSES	ÁREA (KM ²)			VARIAÇÃO DE ÁREA (%)
	FOTOGRAFIAS AÉREAS (I)	DADOS LANDSAT (II)	(II-I)	
Solo exposto	0,32	0,47	0,15	46,87
Área cultivada	20,14	19,58	0,56	2,78
Pastagem	56,78	46,54	10,24	18,03
Reflorestamento	1,83	9,44	7,61	415,84
Mata	3,13	4,17	1,96	62,61

TABELA III.20

RESULTADOS COMPARATIVOS DE ÁREA DAS CLASSES DE USO DA TERRA, ATRAVÉS DE DADOS OBTIDOS POR AERONAVE E PELO LANDSAT, SETEMBRO DE 1977 (MÓDULO 4)

CLASSES	ÁREA (KM ²)			VARIAÇÃO DE ÁREA (%)
	FOTOGRAFIAS AÉREAS (I)	DADOS LANDSAT (II)	(II-I)	
Área urbana	23,00	19,26	3,74	16,26
Área industrial	0,86	2,98	2,12	246,51
Solo exposto	0,47	2,99	2,52	536,17
Área agrícola	33,63	31,49	2,14	6,36
Pastagem	69,54	73,58	4,04	5,81
Reflorestamento	8,22	12,44	4,22	51,33
Mata	3,69	18,20	14,51	393,22

A partir dos resultados obtidos, pode-se concluir que a presença de grande número de classes com complexidade de comportamento espectral interfere no resultado da classificação, ocorrendo maior erro naquelas classes onde as características espectrais dos alvos não são bem definidas.

Para o cálculo da variação da área da classe em termos de porcentagem, assume-se que os valores de área, fornecidos por fotografia aérea são corretos. Desta forma, a porcentagem é calculada em função da área total da classe, obtida em fotografia aérea. Como exemplo, a diferença de área da classe solo exposto é de 0,15 km². A porcentagem de variação da área (46,87) representa uma fração de 0,15 em relação a 0,32, que é a área correta da classe (Tabela III.19).

CAPÍTULO IV

CONCLUSÕES

Através da interpretação visual das imagens LANDSAT é possível o levantamento de classes amplas de uso da terra. Na área de estudo foi possível a determinação das seguintes classes de uso da terra em todas as análises realizadas: área urbana, área industrial, solo exposto, área cultivada, pastagem, reflorestamento e mata.

Existe dificuldade em se associar uma única classe de uso da terra a uma única classe espectral. Em geral, as classes de uso da terra apresentaram uma baixa frequência de ocorrência nas diferentes classes espectrais. A classe área cultivada, por exemplo, apresenta grande variabilidade de resposta nos canais 5 e 7, em função do estágio de crescimento das culturas, tipo de solo, época de plantio, etc..

A utilização da tonalidade como critério de classificação dos dados, na análise visual, não é suficiente, mesmo quando se utilizam informações multiespectrais, resultantes da combinação de classes, nos canais 5 e 7.

A separação das classes de uso da terra, utilizando como critério tons de cinza, tamanho, forma, textura e outros indicadores, foi influenciada pelo relevo, tamanho das parcelas mapeadas, sistema de cultivo e tipo de solo. Na área de estudo, o relevo montanhoso interferiu na delimitação e definição das classes.

O tamanho das parcelas associado à fragmentação e diversidade de uso da terra dificulta o mapeamento das classes.

As classes pastagem e reflorestamento, com maior expressão em área de ocorrência, foram as que apresentaram menor erro na identificação.

A análise do levantamento de uso da terra, no período de 1973 e 1977, para a área teste Taubaté, permitiu concluir que as imagens LANDSAT são de grande utilidade para a determinação de taxas de modificação de uso da terra.

Na classificação automática, onde se utiliza apenas a variável tons de cinza, na análise dos dados, o número de classes obtidas está relacionado à variação espectral dos alvos.

A presença de classes com grande complexidade interfere no resultado da classificação automática, ocorrendo maior erro naquelas classes onde a variação espectral interna é grande.

Os resultados alcançados neste trabalho são válidos para a região de estudo que compreende o trecho paulista do Vale do Paraíba. A metodologia utilizada, entretanto, deve ser testada em outras áreas de estudo que apresentem diferentes combinações de uso da terra.

BIBLIOGRAFIA

- ALONSO, M.T.A. Vegetação. IN: INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). *Região Sudeste*, Rio de Janeiro, 1977. V.3, p.93-118.
- COMPANHIA DE TECNOLOGIA E SANEAMENTO AMBIENTAL (CETESB) *LUVAP Levantamento do uso do solo no Vale do Paraíba*. São Paulo, 1979. (relatório técnico, 12).
- COLTRINARI, L. *Contribuição a Geomorfologia da região de Guaratinguetá Aparecida*. São Paulo, USP.IGEOG, 1975. (Série Teses e Monografias, 17).
- GENERAL ELECTRIC COMPANY (GE) *Image-100; interactive multispectral image analysis system - user manual*. Daytona, 1975.
- HOWARD, L.H.; MAC NAIR, A.J. Engineering analysis of ERTS data for southeast Asian agriculture. IN: NASA. *Symposium on significant results obtained from the earth resources technology satellite-1*, New Carrollton, MD, 1973. Proceedings. V.1, Section A p.37-52.
- LONG, R.G. O vale do Médio Paraíba. *Revista Brasileira de Geografia*, 15(3): 385-476, jul./set., 1953.
- MENDONÇA, F.J. *Uso de dados do LANDSAT para avaliação de áreas ocupadas com cana-de-açúcar no Estado de São Paulo*. São José dos Campos, INPE, abr., 1980 (INPE 1713-TDL/023).
- MOREIRA, A.A.N.; CAMELIER C. Relevo. IN: INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). *Região Sudeste*, Rio de Janeiro, 1977. V.3, p.1-50.
- NASA. *LANDSAT data users - handbook*. Greenbelt, Goddard Space Flight Center, 1976.

NIERO, M.; LOMBARDO, M.A. *Uso de técnicas de interpretação automática na determinação de classes funcionais de uso da terra no Vale do Paraíba*. São José dos Campos, INPE, mar., 1979. (INPE 1426-RPI/001).

NOVO, E.M.L.M. *Projeto UTVAP - Análise comparativa entre fotografias aéreas convencionais e imagens do LANDSAT para fins de levantamento do uso da terra*. São José dos Campos, INPE, ago., 1978. (INPE 1337-NTI/113).

PEREIRA, H.C. *Land use and water resources in temperate and tropical climates*. London, Willian Clowes, 1974.

SAINT-HILAIRE, A. *Segunda viagem do Rio de Janeiro a Minas Gerais e a São Paulo*. São Paulo, USP, 1974. (coleção Reconquista do Brasil, 11).

TITARELLI, A.V.H. *O vale do Parateí - estudo Geomorfológico*. São Paulo, USP. IGEOG, 1975. (Série Teses e Monografias, 13).

VELASCO, F.R.D.; PRADO, L.O.C.; SOUZA, R.C.M. *Sistema Marver; manual do usuário*. São José dos Campos, INPE, jul., 1978. (INPE 1315-NTI/110).

WESTIN, F.C.; LEMME, G.D. LANDSAT spectral signatures: studies with soil associations and vegetation. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 44(3): 315-325, mar., 1978.

APÊNDICE A

QUESTIONÁRIO DE CAMPO

Questionário nº _____

Data ____/____/____

Nome do Proprietário: _____

Área: _____

Localização no mapa: _____

O proprietário mora na propriedade - sim()

não()

Onde mora? _____

Possui outras propriedades? _____

O proprietário possui outra atividade além da lavoura? sim()

não()

Formas de exploração da terra:

A terra é explorada pelo:

() proprietário

() arrendatário

() parceiro

() outra condição

Mão-de-obra: nº permanente _____

nº temporário _____

Tecnologia Aplicada

Tipo	Quantidade	Próprio ou Alugado	Época da Aquisição

Uso da Terra Atual

Tipo de Ocupação	Área	Ano de Início	Rendimento/ha

Uso da Terra - Set/1977

Tipo de Ocupação	Área	Estágio da Cultura	Época de Plantio

Sistema de Irrigação e Drenagem

Tipo de Ocupação	Época do Ano	Quantidade/ha	Sistema

Há rotação - sim()

não()

de terra _____

de cultivo _____

Há área em pousio? sim()

não()

Área _____

Tempo _____

Produtos que entram na rotação: _____

Época do Ano: _____

Criação de Gado

Espécie	Cabeça/ha	Nº de cabeças	Tipo de Pasto	Inseminação Artificial

Suplementação da ração do gado:

Tipo _____

Quantidade _____

Custo _____

Divisão dos Pastos:

Nº de piquetes _____

Tamanho _____

Rotação de pastos: sim () não ()

Tipo de gado: corte () leite ()

Calendário Agrícola

Mês	Atividade Principal	Atividade Acessória	Observação
Jan.			
Fev.			
Mar.			
Abr.			
Mai.			
Jun.			
Jul.			
Ago.			
Set.			
Out.			
Nov.			
Dez.			

Relevo e solos

Tipo de relevo _____

Solo - Cor _____ Textura _____

Preparo do solo _____

Aplicação de:

Calcário _____

NPK _____

Inseticida _____